



# **AKUSTOJEN ELINKAAREN AIKAINEN KUNNONVALVONTA**

Aku Kimari

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2013  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

# TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

TEKIJÄN NIMI: Aku Kimari  
Akustojen elinkaaren aikainen kunnonvalvonta

Opinnäytetyö 51 sivua, joista liitteitä 8 sivua  
Huhtikuu 2013

---

YIT Teollisuus Oy:n yksi keskeinen toimialue on teollisuuden sähköautomaatiopalvelut, joka on keskittynyt palvelemaan teollisuuslaitoksia instrumentoinnissa-, sähkösaatto-lämmityksessä-, sähköistys- ja sähkönjakelujärjestelmien suunnittelussa, asennuksessa ja projektoinnissa. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tekemään työohje ja raportointiohje lyijyakustojen elinkaaren aikaiseen kunnonvalvontaan. Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös Metsä Fibren sellutehtaiden markkinapotentiaalia, jossa selvitettiin lyijyakustojen määriä ja niiden elinkaaren aikaista kunnonvalvontaa.

Akustojen elinkaaren aikaisen kunnonvalvonnan työohjeen luonnin yhteydessä selvitettiin mittalaitteiden toiminta käyttöohjekirjojen ja harjoitusmittausten avulla. Hankitut mittalaitteet olivat Megger torkel 840- kuormitusmittalaite ja Meggerin Bite 3 impedanssin mittaustilaite. Kun mittalaitteiden toiminta ja mittaustavat olivat selvillä, hankittiin harjoitusmittauskohde UPM Oyj:n Kaipolan paperitehtaalta.

Harjoitusmittaukset tehtiin UPM Oyj:n Leskenmajan sähköasemalla, jossa paikallisakusto oli varmentamassa 110 kV sähköaseman toimintaa. Harjoitusmittauksien pohjalta luotiin työohje, joka kattaa akustojen huollon, akkujen impedanssien mittauksen ja akuston kuormituskokeen. Lisäksi mittaustuloksista luotiin raporttipohja, johon dokumentoidaan mittauksien tulokset ja mahdolliset korjauskehotukset asiakkaalle. Työohjetta tehtäessä huomioitiin voimassa olevat säännökset, määräykset ja standardit.

Markkinapotentiaalitutkimus tehtiin Metsä Fibren sellutehtaisiin ja tutkimuksessa selvitettiin akustojen määriä, kokoja ja huoltohistoriaa, sekä tulevaisuuden suunnitelmia akustojen huoltoa ajatellen. Kohderyhmään kuului neljä eri sellutehdasta, jotka olivat Kemin tehdas, Äänekosken tehdas, Joutsenon Tehdas ja Rauman tehdas. Jokaisesta sellutehtaasta tehtiin tehdaskohtainen selvitys markkinoiden potentiaalista.

---

Asiasanat: lyijyakusto, elinkaari, kunnonvalvonta, kapasiteetti, impedanssi

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Electrical Engineering  
Electrical Power Engineering

AUTHOR : Aku Kimari  
Batteries lifetime management and monitoring

Bachelor's thesis 51 pages, appendices 8 pages  
April 2013

---

One of the main operating areas of YIT Industry Plc is industry electricity & automation services that focused in service industry instrumentation, electrical cable heating, electrification- and electricity distribution system planning, installations and projects. This thesis focuses on making the works and reporting instructions for lead batteries lifetime management and monitoring. This thesis has also analyzed Metsä Fibre corporations pulp factories market potential. Market potential analysis included research for lead battery amounts in factories, as well as the lifetime management of the batteries.

User manuals and practice measurements were used in creating battery lifetime management and monitoring work instruction. Megger torkel 840 battery load unit and Megger Bite 3 impedance test equipment were already acquired. When the working and testing types of the measurement were known, a practice measurement place that was located at UPM Plc Kaipola paper mill was acquired.

Practice measurements were made at the UPM Plc Leskenmaja electric station, which has a local battery safeguarding a 110 kV of the electric stations correct working. With practice measurements, the working instruction was created. That included of the batteries maintenance, the batteries impedance measurement and the batteries load test. With measurement results the reporting paper was created, that included measurement results and possible repairs request to customer. The work instruction was made with all regulations, provisions and standards.

Market potential research was made to Metsä Fibre pulp factories and the research clarified of the batteries amounts, sizes and maintenance history. Has also clarified future management plans with batteries maintenance. The target group included four different location pulp factories. They were Kemi mill, Äänekoski mill, Joutseno mill and Rauma mill. Each pulp factory has their individual market potential research in this thesis.

---

Key words: lead-acid battery, lifetime, management and monitoring, capacity, impedance

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TAUSTATIEDOT JA TEORIA.....	8
2.1	Yrityksen taustatiedot .....	8
2.2	UPS- järjestelmät .....	9
2.3	Kapasiteetin mittaaminen .....	10
2.4	Impedanssin mittaaminen .....	11
2.5	Kennoyhdistimen resistanssin mittaaminen.....	12
2.6	Akkutyypit .....	13
2.7	Akkuhuoneiden lämpötila .....	14
3	MÄÄRÄYKSET JA ASETUKSET .....	15
3.1	Akustojen testausta koskevat standardit .....	15
3.2	ST- kortit.....	16
3.2.1	Akkujen hoito ja kunnossapito ST 96.30 .....	17
3.2.2	UPS- järjestelmän käyttö, ylläpito ja huolto ST 96.32.....	18
4	MITTAUKSET .....	20
4.1	UPM:n Kaipolan paperitehdas .....	21
4.1.1	Huolto avonaisille lyijyakuille .....	21
4.1.2	Lyijyakkujen impedanssin mittaaminen .....	22
4.1.3	Lyijyakkujen kennoyhdistimien resistanssin mittaaminen .....	24
4.1.4	Akuston kapasiteetin mittaaminen .....	26
5	MITTALAITTEISTOT .....	29
5.1	Megger Torkel 840 .....	29
5.1.1	Torkel win- ohjelma.....	30
5.1.2	PowerDB lite- ohjelma.....	31
5.2	Megger Bite 3 .....	32
5.2.1	Mittalaitteen mukana tulevat ohjelmat.....	33
5.2.2	PowerDB lite- ohjelma.....	34
6	MARKKINAPOTENTIAALI.....	35
6.1	Markkinapotentiaali tutkimuksen tekeminen.....	35
6.2	Metsä Fibre Kemi .....	36
6.3	Metsä Fibre Äänekoski .....	36
6.4	Metsä Fibre Joutseno .....	37
6.5	Metsä Fibre Rauma .....	38
7	POHDINTA.....	39
7.1	Työohjeen onnistuminen.....	39
7.2	Metsä Fibren markkinapotentiaali .....	40

7.3 Opinnäytetyön onnistuminen .....	41
LÄHTEET .....	42
LIITTEET .....	44
Liite 1. Akuston elinkaaren aikainen kunnonvalvonta- raportti .....	44
Liite 2. Midac OPzS Block 12/100 (Midac. 2011, 5).....	46
Liite 3. Impedanssi mittauksien testiraportti .....	47
Liite 4. Kennoyhdistimien resistanssi mittauksien testiraportti .....	48
Liite 5. Testiraportti kuormituskokeesta.....	49
Liite 6. Pistearvot kuormituskokeesta .....	50
Liite 7. Markkinapotentiaalitutkimuksen kysely .....	51

**LYHENTEET JA TERMIT**

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, sähkö- ja elektroniikkatekniikan insinöörijärjestö
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköteknillinen komissio
Ni-Cd	Nikkeli- kadmium- akkutyyppe
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
UPS	Uninterruptible power source, katkeamaton tehonsyöttöjärjestelmä
VDC	Voltage direct current, tasasähköjännite

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön lähtökohtana on tuottaa YIT Teollisuus Oy:n sähköautomaatiopalveluille työohje akustojen elinkaaren aikaiseen kunnonvalvontaan. Työohjeen lisäksi tarkoituksena on tehdä raportointipohja tehdystä työstä ja markkinapotentiaalin tutkiminen Metsä Fibren sellutehtailla. Opinnäytetyön tarve syntyi YIT:lle hankituista mittalaitteista, joille ei ollut vielä olemassa työohjetta ja akustojen elinkaaren aikaista työtä ei ollut vielä sähköautomaation palveluissa.

Opinnäytetyössä on tavoitteena selvittää akustoihin liittyvä teoria ja niiden mittauksien teoriaa sekä tutkia lyhyesti eri akkutyyppejä. Työssä tullaan keskittymään lyijyakustojen toimintaan ja niiden elinikään vaikuttaviin asioihin. Lisäksi työssä otetaan selvää akustoihin liittyvistä määräyksistä, asetuksista ja standardeista ja selvitetään akustojen testaustapoja standardien pohjalta. Työssä selvitetään myös YIT:lle hankittujen mittalaitteiden toiminta ja niiden käyttö akustojen elinkaaren aikaisen kunnonvalvonta-työn apuvälineinä. Hankitut mittalaitteet ovat Meggerin Torkel 840- kuormitusmittalaite ja Meggerin Bite 3 impedanssin mittausslaite. Mittalaitteisiin tutustumisessa ja työohjeen luomiseksi tavoitteena on tehdä harjoitusmittaukset lyijyakustolle. Lisäksi työn aikana tehdään markkinapotentiaalitutkimus Metsä Fibren sellutehtaisiin, joista selvitetään niissä käytettävien akustojen määriä ja tyyppejä.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan ainoastaan lyijyakustojen elinkaaren aikaista kunnonvalvontaa, jossa keskityttäisiin vain työohjeen ja raportointipohjan tekoon. Työohjeen sisältöön kuuluu mittalaitteisiin tutustuminen teoriassa ja käytännössä. Raportointipohjan luonti tapahtuisi harjoitusmittausten pohjalta. Markkinapotentiaalitutkimus kohdennetaan koskemaan vain Metsä Fibren sellutehtaiden akustoja. Metsä Fibren sellutehtaisiin kuuluu Kemin tehdas, Äänekosken tehdas, Joutsenon tehdas ja Rauman tehdas. Opinnäytetyön rajauksen tarkoituksena on pitää opinnäytetyö sopivan laajuisena.

## 2 TAUSTATIEDOT JA TEORIA

### 2.1 Yrityksen taustatiedot

YIT Teollisuus Oy on teollisuuden alalla palveluita tarjoava yritys, joka on tällä hetkellä johtava kunnossapitopalveluiden tuottaja. YIT Teollisuus toimittaa teollisuudelle ratkaisuja, joiden avulla asiakkaat tehostavat tuotantoaan, investoivat tuottavasti ja takaavat investointien säilyttävän arvonsa. Päämarkkinat sijaitsevat Suomessa, Ruotsissa ja erilaisissa vientiprojekteissa. Asiakkaita ovat kaikki teollisuuden alalla toimivat tuotantolaitokset ja toimijat. YIT Teollisuus Oy palveluihin kuuluu teollisuusputkistot, konepajatyöt, ilmanvaihtotyöt- ja ilmanvaihtoratkaisut ja sähköautomaatio. Teollisuudenaloja joilla nämä kaikki toimivat ovat energiateollisuus, kaivosteollisuus, meriteollisuus ja metsäteollisuus.

Tämä opinnäytetyö tuotettiin YIT sähköautomaatiopalveluille ja sen toimintaa käydään seuraavaksi tarkemmin lävitse. Sähköautomaatio toimii kaikilla teollisuuden toimialoilla ja tekee kunnossapitoa ja myös projekteja teollisuuteen. Sähköautomaation asiakkaat koostuvat voimalaitoksista, paperitehtaista, metallitehtaista, sahateollisuudesta ja kaivoksista. Sähköautomaation suurimpia kunnossapitopalvelun sopimusasiakkaita ovat TVO ja Neste Oil. Näiden lisäksi kunnossapitoa ja urakointia tehdään UPM:n tehtailla, Metsä Boardin tehtailla, Rautaruukin terästehtailla, Outokummun terästehtaalla, Talvihaarassa, Ekokemillä, Metsä Fibren tehtailla ja ympäri Suomen voimalaitoksilla. Nykyään sähköautomaatiopalveluiden toiminnassa ovat selvästi lisääntyneet vuosihuoltokohteet ja kunnossapito, koska uusien laitosten- ja laajennuksien investoinnit ovat vähentyneet jonkun verran Suomessa.

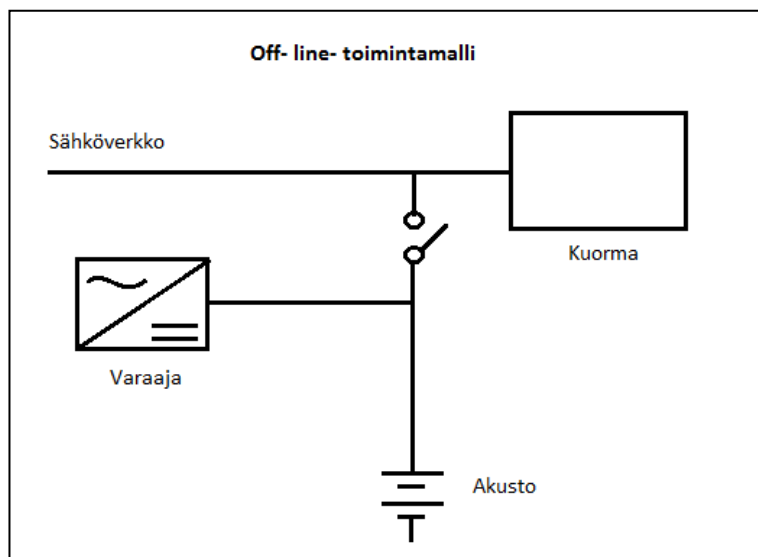
Sähköautomaation tarjoamat palvelut teollisuudelle ovat instrumentointi, sähkösaattolämmitykset, sähköistys, sähkönjakelujärjestelmät, valmistuksen ja projektin toteuttamisen. Palveluina tarjotaan suunnittelua ja asennusta. Jakelujärjestelmien ja sähköasemien osalta löytyy myös asennus- ja koestuspalveluita. Palvelut kattavat pienjännitteestä aina 110 kV jännitetasoihin, joiden tekijät ovat koulutettuja ja ammattitaitoisia. ( YIT Teollisuus Oy 2013; YIT vuosikatsaus 2011, 18-19).



## 2.2 UPS- järjestelmät

UPS- järjestelmällä tarkoitetaan laitteistoa, joka mahdollistaa sähkönsyötön katkeamattomasti. Sähkönsyötön katketessa pääsyötöltä, alkaa UPS- laitteisto syöttää akustoihin varattua energiaa UPS- jakeluverkkoon ja varmistaa jatkuvan sähkönsaannin. UPS- jakeluverkko koostuu laitteista ja toiminnoista, jotka on kytketty UPS- järjestelmän jälkeen. UPS- järjestelmä koostuu akustosta, tasasuuntaajasta, vaihtosuuntaajasta, lähtömuuntajasta, mahdollisesta ohitus- kytkimestä ja erotusmuuntajasta (ST 830.60).

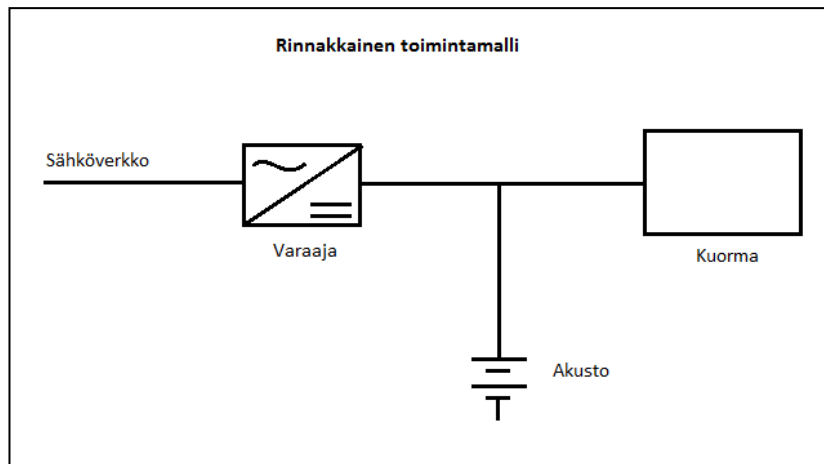
UPS- järjestelmistä on olemassa kaksi pääsääntöistä toteutustapaa, jotka ovat off- line- toimintamalli ja on- line- toimintamalli. Off- line- toimintamallissa akusto on erotettu kuormasta kytkimen avulla ja syöttävän sähköverkon vikaannuttua kytketään kiinni kuormaan. Off- line toimintamallin akuston pysyminen varautuneena hoidetaan säännöllisesti lataamalla akustoa, säännöllinen lataaminen tapahtuu kuukauden välein. Off- line- toimintamallin periaatekaavio on esitelty seuraavaksi (Kuvio 1).



Kuvio 1. Off- line- toimintamallin periaatekaavio

Rinnakkaisessa toimintamallissa akusto on koko ajan kiinni syöttävässä verkossa, kun varaaja pitää akuston koko ajan latauksessa. Akuston lataukseen on kaksi tapaa, jolla kompensoidaan akuston kapasiteetin häviöt ikääntyessä. Ladataan akustoa säännöllisesti pikavarauksella tai toinen tapa on varata akustoa säännöllisesti ylijännitteellä. Rinnakkainen toimintamalli mahdollistaa täysin katkeamattoman tehonsyötön ja akusto alkaa syöttämään kuormaa välittömästi, kun verkon jännite alenee liikaa. Tämä toimintamalli

on käytössä useimmissa UPS- järjestelmissä ja tunnetaan myös nimellä on- line- toimintamalli. Rinnakkaisen toimintamallin periaatekaavio on esitelty seuraavaksi (Kuvio 2). (SFS EN 50272-2 2001, 52-58; SFS EN 50272-1 2010, 8-10).



Kuvio 2. Rinnakkaisen toimintamallin periaatekaavio

### 2.3 Kapasiteetin mittaaminen

Akustojen kapasiteetteja mitataan akustoista, koska näin saadaan luotettavaa tietoa sen suorituskyvystä eliniän aikana. Akustojen kapasiteetteja mitataan kuormituskokeella, jossa toimitaan valmistajan tuotelehden purkausarvojen mukaisesti. Akustojen kapasiteetti laskee ikääntymisen ja käyttökertojen takia. Lyhyissä purkaukskoikeissa purkausvirta on suurempi, purkausaika 30 min ja puretaan tyypillisesti 30 % energiavarastosta. Pitkissä kuormituskokeissa virta on pienempi, purkausaika 5-10 h ja puretaan tyypillisesti 50 %. Akuston kapasiteetin mittaamisessa tarkkaillaan akuston jännitettä, ettei se romahda alle jännitealarajan. Jännitealarajat tulevat kansainvälisestä standardista *IEC 60896-21* (Battery testing guide 2004, 12-13).

Akuston kuormituskokeessa saadaan tulokseksi suoraan purettu kapasiteetti, kun tiedetään purkuvirta ja purkausaika. Ampeeritunti (Ah) on yleinen tapa ilmoittaa akuston kapasiteetti. Kapasiteetin laskeminen on esitetty kaavassa 1. Kuormituskoe on suoritettu hyväksytysti, kun toimitaan nimellisarvoilla ja jännite akustossa pysyy sallittujen rajojen yläpuolella (Kiehne 2003, 42).

$$C_{Ah} = I \cdot \Delta t \quad (1)$$

, jossa

$C_{Ah}$  on kapasiteetti (Ah)

$I$  on Purkuvirta (A)

$\Delta t$  on purkuaika (h)

Akuston elinikään vaikuttavat akkujen lämpötila, akkuhuoneen lämpötilan tulee olla sopiva akustojen toiminnalle. Lyhyillä kuormituskokeilla ei ole vaikutusta akkujen elinikään, kun taas pitkät voivat lyhentää jos mennään yli 50 % kapasiteetin purkuihin. Akustojen elinikään voidaan arvioida suoraan niiden iän perusteella ja tehdä sen avulla suunnitelmat akkujen uusimisesta (Tapanainen 2012).

Suosittelava testausväli akustojen kapasiteeteille on 3-5 vuotta, jonka suosituksen IEEE antaa. Kapasiteetteja tulee testata määrääjoin, mutta ei liian tiuhaan. Liian tiuhalla testaamisella voidaan aiheuttaa akuston vikaantuminen ja laskea sen elinikää. Tällöin energiavaraston suunniteltu käyttötarkoitus kärsii ja akusto ei pysty hoitamaan vaadittua toimintaansa (Battery testing guide 2004, 13).

## 2.4 Impedanssin mittaaminen

Impedanssin mittaaminen on akun sisäisen resistanssin mittausta. Impedanssin mittauksella akkujen kuntoa voidaan mitata ilman vaurioita ja kuormittumista. Mittauksella voidaan helposti löytää yksittäiset vikaantuneet akut akustosta. Impedanssin mittauksessa jokainen akku akustossa mitataan erikseen, mutta akkuja ei tarvitse erottaa toisistaan. Impedanssimittauksen etuja kuormituskokeeseen on nopea suorittaa ja ei aiheuta raskautuksia akuille.

Impedanssin mittaaminen tapahtuu vaihtovirtasignaalin avulla, joka syötetään akun navoista sisään ja mitataan miinus- ja plusnavan välillä tapahtunut vaihtojännitteen jännitteenalenema. Tästä jännitteenalenemasta mittalaite pystyy laskemaan sisäisen impedanssin Ohmin lain avulla, joka on esitelty kaavassa 2. Mittalaite mittaa myös palaavan vaihtovirtasignaalin ja erottaa siihen summautuneet muut vaihtovirtasignaalit, jotka ovat peräisin latauslaitteiston latausvirrasta. Latauslaitteiden virta ei ole koskaan täysin puh-

dasta tasasähköä, vaan joukossa on myös vaihtovirtasignaaleja. Tästä syystä on suositeltavaa mitattaessa impedanssia erottaa latauslaite akustosta mittauksen ajaksi.

$$Z = \frac{U}{I} \quad (2)$$

, jossa

$Z$  on impedanssi

$U$  on jännite

$I$  on virta

Impedanssi muodostuu resistiivisestä ja reaktiivisesta kuormasta. Reaktiivinen osa akuissa on kapasitiivista kuormaa. Nämä molemmat osat mittalaite mittaa akusta ja laskee yhteen, josta muodostuu impedanssi. Impedanssin suuruus kasvaa akun ikääntyessä ja loppujen lopuksi aiheuttaa akun tuhoutumisen. Tuhoutuminen johtuu akun lyijyn korroosiosta ja sen hajoamisesta, josta seuraa joko oikosulku kennojen välillä tai elektronien varautuminen pysähtyy. Yhden akun tuhoutuminen voi aiheuttaa koko akuston tuhoutumisen tai sen menemisen toimintakunnottomaksi. (Battery testing guide 2004, 8-9).

## 2.5 Kennoyhdistimen resistanssin mittaaminen

Kennoyhdistimen resistanssin mittauksessa mitataan akkujen väliset liitokset, joilla akut yhdistetään toisiinsa. Akkujen väliset liitokset voivat ikääntyessään löystyä ja korroosioitua, joka aiheuttaa niiden resistanssin kasvua. Resistanssin kasvu aiheuttaa akustoon jännitteenalenemaa, joka taas heikentää akuston suorituskykyä. Kennoyhdistimille akkujen valmistaja antaa momenttivaatimukset kireydelle ja niiden tarkastaminen käytössä olevasta akustosta on hankalaa, koska työstä tulee useimmiten jännitetyötä.

Kennoyhdistimien resistanssin mittaamisella vältetään turha jännitetyö, mikäli liitoksien resistanssi arvot ovat pienet ja toisiinsa nähden ei suuria muutoksia. Kennoyhdistimien resistanssin mittaaminen on nopeaa ja ei aiheuta erikoistoimenpiteitä. Kennoyhdistimien säännöllinen mittaaminen määräaikaistarkastuksissa mahdollistaa heikkojen liitoksien havaitsemisen ja tällöin ei tarvitse välttämättä kaikkia liitoksia kiristää.

IEEE:n suosituksen mukaan kennoyhdistimien resistanssin vaihtelun tulisi olla alle 10 % ja resistanssiarvon ohmeina kennoyhdistimissä tulisi olla välillä 7-70 mΩ. Mikäli nämä arvot ylitetään ja ei suoriteta kuormituskoetta akustolle, tulisi näistä arvoista yli menevät kennoyhdistimet puhdistaa ja kiristää uudelleen valmistajan ilmoittamaan momenttiin. (Battery testing guide 2004, 9).

## 2.6 Akkutyypit

Akkutyyppejä on olemassa teollisuuden varmistetun sähkösyötönsovelluksissa tällä hetkellä käytössä pääsääntöisesti kahdenlaisia, lyijyakustoja ja Nikkeli- kadmium -akustoja. Nämä akkutyypit eroavat toisistaan lähinnä materiaaleilla ja pienillä teknisillä ominaisuuksilla. Molemmat akkutyypit toimivat samalla periaatteella, eivätkä vaadi älykkäitä latausjärjestelmiä, kuten esimerkiksi kehittyneemmät Litium-ioni- akustot. Akkujen tärkeimmät ominaisuudet ovat teho, energia, elinikä, turvallisuus ja hinta.

Lyijyakustot ovat yleisimmin käytettyjä energiavarastoja, koska ne ovat edullisia ja yksinkertaisia. Lyijyakkujen hyötysuhde on hyvä, kun on tarve saada energiaa pitkään, eikä nopeasti suurta energiamäärää. Lyijyakuston elinikä riippuu pitkälti sen purkaus-syklien määrästä, lyijyakuston purkaus-syklien määrä on 300 - 1000 eliniän aikana. Lyijyakustoa ei kannata mitoittaa käyttöön, jossa sitä jatkuvasti puretaan ja ladataan. Jatkuvaan käyttöön paljon parempi on Nikkeli- kadmium -akusto, jolla on 1000 - 3000 purkaus-sykliä eliniän aikana. Nikkeli- kadmium -akuston suoritearvot ovat lähes samat kuin lyijyakuistoilla ja tekninen toteutus samanlainen. Heikkoutena Nikkeli- kadmium -akustoilla on muistiominaisuus, mikäli akkua ei pureta tyhjäksi asti ja ladata uudestaan täyteen. Tämä tarkoittaa akuston kapasiteetin heikkenemistä.

Litiumioniakustot tekevät tuloaan energiavarastoiksi ja ovat suoritearvoiltaan aivan toista luokkaa verrattuna perinteisiin akkutyyppeihin. Litiumioniakustojen yleistymisen esteenä paikallisakustona on monimutkaiset lataus- ja ohjausjärjestelmät, jotka tuovat huomattavia kustannuksia. Akkutyypien ominaisuuksia on esitelty seuraavaksi (Taulukko 1). (Hietalahti 2011, 99-101; Broussely & Pistoia 2007, 17,50, 60, 73-74, 549).

Taulukko 1. Akkutyypin ominaisuuksia

Akkutyyppi	Ominaisenergia (Wh/kg)	Ominais-teho (W/kg)	Purkaus/ lataus- syklit	Hyöty- suhde (%)	Toiminta- lämpötila °C	Elinikä (a)
Lyijy	30-50	100-500	300-1000	70-80	5-35	5-25
Ni-Cd	45-80	50	500-5000	60-85	10-45	>10
Li-ioni	110-173	500	900-1200	98	0-50	>10

Akustoja käytetään varmistamaan sähkönsaanti kriittisillä toiminnoilla- ja laitteistoilla, joiden tulee olla aina päällä. Tällaisia kohteita ovat sähköasemien releet- ja kytkimet, puhelinasemat, teollisuuden ohjain- ja suojalaitteet, tietojärjestelmät ja sairaaloiden sähköjärjestelmät. Yleisesti akustot turvaavat sähkönsaannin aina ja estävät henkilö- ja taloudellistenvahinkojen syntymistä. Akustoista on tullut yhteiskunnan perustarpeita ja nykyään myös lisääntyvät mukavuuden takaamisesta, kun sähkökatkojen aikana valojen halutaan toimivan esimerkiksi (Battery testing guide 2004, 2).

## 2.7 Akkuhuoneiden lämpötila

Akut ovat hyvin tarkkoja lämpötilastaan, jossa ne sijaitsevat ja käyttölämpötila on suorassa yhteydessä niiden eliniän. Väärä käyttölämpötila on pahin mahdollinen akun eliniän lyhentäjä ja liian korkea lämpötila nopeuttaa korroosiota. Akkujen ollessa käytössä 10 °C lämpötilassa, akkujen elinikä puolittuu. Lämpötilan ollessa 35 °C akkujen elinikä on 10 vuotta ja lämpötilan ollessa 45 °C akkujen elinikä on ainoastaan 5 vuotta. Lyijyakut ovat useimmiten suunniteltu 25 °C käyttölämpötilaan, jolloin elinikä on 20 vuotta. Tämä edellyttää akkujen käyttölämpötilan pitämisen vakiona, silti aina käyttöönoton yhteydessä tulee tarkistaa valmistajan suositus käyttölämpötila (Battery testing guide 2004, 12).

### 3 MÄÄRÄYKSET JA ASETUKSET

#### 3.1 Akustojen testausta koskevat standardit

Akustojen testaamiseen tulee suoraan määräykset IEC 60896-21 standardista, minkä rajoissa testejä tulee tehdä. Standardi on kansainvälinen ja siinä käsitellään testaustavat ja annetaan rajat joiden mukaan testejä tehdään akustoille. Standardi käsittelee ainoastaan paikallisia lyijyakustoja ja niiden testausta. Tästä standardista sain tarpeelliset tiedot testien suorittamiseen ja työohjeeseen. Seuraavaksi käyn lävitse standardin tärkeimmät asiat lyijyakustojen testaamista koskien.

Lyijyakustojen testaamista varten standardi antaa suoritearvot minkä sisällä kuormituskokeita tulee tehdä akustoille, ohjeistaa akkujen kaasun mittausta, sisäisen impedanssin laskemista ja kennoyhdistimien kunnon tarkkailua. Standardi suosittelee mittaamaan kennoyhdistimien lämpötilaa, jonka tulisi olla 20-25 °C välillä. Kennoyhdistimen lämpötila havainnollistaa liitoksen kuntoa hyvin: mikäli kennoyhdistin on lämpöisempi, on syytä tarkastaa sen puhtaus ja kireys.

Kuormituskokeen suorittamiseen standardi antaa erilaisia purkauskokeiden aikoja ja jännitealarajoja kennojännitteille. Standardissa silti kehoitetaan aina tarkastamaan valmistajan ilmoittamat suoritearvot purkauskokeille, koska ne voivat olla tiukemmat kuin standardin rajat. Tällöin ensisijaisesti kuormituskokeet tehdään valmistajan suoritearvojen mukaisesti. Mikäli valmistaja ei ilmoita, toimitaan standardin antamien rajojen mukaisesti. Standardin purkausajat ja kennojännitteet on esitelty seuraavaksi (Taulukko 2).

Taulukko 2. Purkausajat ja jännitealarajat

Purkaus aika (h)	Jännitealaraja kennossa (VDC)
10	1,8
8	1,75
3	1,7
1	1,6
0,25	1,6

Jännitealarajaa ei saa alittaa kuormituskokeen aikana ja kuormituskokeen lopussa loppujännite tulee olla suurempi kuin jännitealaraja, jotta akusto voidaan todeta toiminta-

kuntoiseksi. Kuormituskokeen aikana kennojen/akkujen jännitteet tulee mitata manuaalisesti vähintään 25 %, 50 % ja 80 % kohdalla kuormituskokeen kokonaisajasta. Nämä arvot tulee myös kirjata ylös kuormituskokeen aikana. (IEC 60896-21 2004, 33-53).

IEC 60896-21- standardin lisäksi testeissä tulee huomioida kuinka paljon akustosta puretaan varausta kuormituskokeessa. Akuston varausta ei saa purkaa liikaa tehtäessä sille kuormituskoetta. Valmistaja ilmoittaa akuston kapasiteetin aina 100 % purkaukseen asti mitoitusvirralla. Mikäli akuston varausta puretaan 80 % tai yli, vaurioituu akusto peruuttamattomasti ja sen elinikä lyhenee merkittävästi. Akuston kapasiteettiä tulee purkaa alle 80 % nimellisestä kuormituskokeesta, ettei mennä syväpurkauksen alueelle ja suositeltava yläraja kuormituskokeelle on 60 % akuston kapasiteetistä. Akustojen eliniän myötä tuleva akuston kapasiteetin pieneneminen otetaan huomioon suunniteltaessa yleensä 1,25 korjauskertoimella (SFS EN 50272-1 2010, 11).

Akustoille suoritettaessa kuormituskokeita ja ennen niiden aloitusta on hyvä myös tarkistaa ilmanvaihdon toimivuus, koska lyijyakustoissa syntyy happi- ja vetykaasuja kuormitettaessa. Akustojen lähialueet luokitellaan Atex- tilaksi, joka tarkoittaa räjähdysvaarallista tilaluokkaa. Akkuhuoneessa voi olla luonnollinen ilmanvaihto, mikäli tila on riittävän iso pinta-alaltaan. Koneellisella ilmanvaihdolla varmistetaan kaasujen laimeneminen ja siksi ilmanvaihtolaitteiston toimivuus on aina tarkistettava ennen kuormituskokeen aloitusta. Akustojen läheisyydessä työskennellessä tulee varmistaa, ettei kipinöintiä pääse syntymään, ei saa käyttää laitteita jotka ylittävät yli 300 °C pintalämpötilan ja vaatetuksen tulee olla sellainen, joka ei synnytä staattisia sähkövarauksia (SFS EN 50272-2 2001, 32-38).

### **3.2 ST- kortit**

ST- korteissa käsitellään akuston elinkaaren aikaiseen kunnonvalvontaan liittyviä ohjeistuksia, jotka on laadittu Sähkötieto Ry:n toimesta. ST- kortit pohjautuvat standardeihin, määräyksiin ja säädöksiin. ST- kortit kokoavat sähkö- ja tietojärjestelmien hyvät suunnittelutavat, toteutus- ja kunnossapitotavat yhteen kortistoon, josta löytyy jokaiselle laitteistolle toimintakäytäntö. ST- kortisto kattaa koko sähköisen talotekniikan, mutta niistä löytyy erikseen myös teollisuuden ST- kortit. ST- kortteja päivitetään sitä mu-



kaan, kun standardeihin, määräyksiin ja säännöksiin tulee muutoksia (Sähkötieto ry 2012).

### **3.2.1 Akkujen hoito ja kunnossapito ST 96.30**

ST 96.30- kortti kertoo paikallisakkujen hoidosta ja kunnossapidosta niiden elinkaaren aikana. Kortissa käsitellään aluksi yleisesti mitä asioita akkujen huollossa tulee huomioida ja mitä mittalaitteita, työvälineitä ja turvavarusteita tulee käyttää työtä suoritettaessa. Kortissa esitellään huolto- ohjeita avoimille-, suljetuille-, ajovoima- ja NiCd- akustoille ja niistä selviää kullekin tyyppille tarvittavat huoltotoimenpiteet ja työmenetelmät. Kortissa kerrotaan myös kuormituskokeen tekemisestä, akustojen turvallisuudesta ja romutuksesta.

Huoltotoimenpiteissä esitellään jokaiselle akkutyypille omat huolto-ohjeet ja erikoistoimenpiteet. Huolto-ohjeet eivät eroa merkittävästi toisistaan, mutta pieniä eroja esiintyy. Yksi merkittävän ero huolto-ohjeessa on jos akku on avoinainen rakenteeltaan eikä suljettu. Silloin akkujen elektrolyyttien määrät tulee tarkistaa ja mitata vähintään yhdestä akusta ominaispaine elektrolyytistä. Huolto-ohjeiden ensisijainen tarkoitus on estää odottamattomat toimintahäiriöt ja pitää akkujen elinikä mahdollisimman pitkänä.

Kortissa puhutaan myös kuormituskokeesta ja sen suorittamisesta. Kortti ei suoranaisesti anna mitään tietoa sen suorittamisesta, vaan siitä mitä asioita sen tekemisessä pitää huomioida. Tärkeimmiksi asioiksi nousevat akuston purkaminen, jossa akustoa tulee purkaa vähintään 20 % ja ei kuitenkaan suositella purkaa yli 50 % varauksesta. Kuormituskokeen aikana kortissa neuvotaan mittaamaan 1-30 minuutin välein akuston kokonaisjännite, akku/kenno jännitteet ja akuston virta. Nämä on myös hyvä kirjata ylös. Kuormituskokeen tuloksia verrataan valmistajan ilmoittamiin nimellisarvoihin ja aiempiin tuloksiin.

Kortissa puhutaan myös turvallisuudesta, joka liittyykin monella tavalla akustojen parissa työskennellessä. Vaaroja ovat syövyttävä elektrolyytti, räjähdysvaara, myrkylliset aineet ja oikosulkuvaara. Syövyttävä elektrolyytti koostuu lyijyakuissa rikkihapon ja akkuveden seoksesta, NiCd- akuissa kalilipeän ja akkuveden seoksesta. Molemmissa akkutyypeissä syntyy varattaessa vedyn ja hapen seosta, joka aiheuttaa räjähdysvaaran

akkujen läheisyydessä, koska seos on erittäin räjähdysherkkää. Lyijyakuissa seosta syntyy myös lepotilassa ja purettaessa akustoja pieniä määriä. Akkujen ominaisuuksiin kuuluu erittäin suuri oikosulkuvirta, joka kipinöidessään aiheuttaa akuston räjähdysvaaran.

Akkujen ikääntyessä niiden pinnoille muodostuu korroosion yhteydessä raskasmetalleja, jotka ovat myrkyllisiä. Tämä aiheuttaa romutuksen yhteydessä tarkat kierrätys ohjeet, jotta myrkkyyä ei joutuisi ympäristöön ja tarpeeton ympäristön saastuminen vältetään. Myös raaka-aineet pystytään ottamaan talteen ja uusiokäyttämään kierrättämällä. (ST 96.30 2003).

### **3.2.2 UPS- järjestelmän käyttö, ylläpito ja huolto ST 96.32**

ST 96.30- kortti kertoo UPS- järjestelmän käytöstä, ylläpidosta ja huollosta. Ensimmäisenä kortissa on esitelty määritelmät laitteistosta ja sen toimintaperiaatetta. UPS- laitteiston toimintaperiaate on syöttää häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä laitteille, jonka toiminnan keskeytyminen voisi aiheuttaa merkittäviä taloudellisia- ja mahdollisia henkilö vahinkoja. Kortissa myös puhutaan käyttäjän muistettavista asioista, ylläpitosopimuksen ratkaisusta, ennakko- huollosta, akuston vaihdosta, valvonnasta ja varmenne- tun sähkönjakeluverkon käytöstä, ylläpidosta ja huollosta.

Käyttäjän kannalta oleellisia asioita toimintavarmuuden takaamiseksi ovat UPS- laitteiden ja akustojen tilat on pidettävä puhtaana ja lämpötila sallituissa rajoissa. UPS- laitteiden säännöllinen huolto, johon kuuluu vuosittainen ennakko- huolto, vuosittainen akuston tarkastus, järjestelmän päivitys ja määrävälein akusto on uusittava. Huollon onnistumisen edellytyksenä laitteistossa on oltava sähkönsyötöllä vaihtoehtoinen syöttö- reitti, joka voidaan hoitaa huolto- ohituskytkimellä. Tällöin UPS- laitteen perässä olevien laitteiden varmennustaso laskee, koska katkeamatonta ja häiriötöntä sähkönsyöttöä ei enää ole. Mikäli UPS- laitteistossa ei ole ohituskytkintä, on laite erotettava verkosta ja huollon ajan sähköt ovat poissa.

Kortissa puhutaan myös ennakko- huollon toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on taata järjestelmän toimivuus, pidentää UPS:n- ja akuston elinikää, ehkäistä vikaantumista ja maksimoida käytettävyys. Ennakko- huollossa suoritettavat asiat ovat tekniset päivityk-

set, sisäinen puhdistus, asetusten tarkastus, pää- ja ohjausvirtapiirien liitosten tarkastaminen, akuston purkauskoe ja testiraportin tekeminen.

Kortissa puhutaan akuston vaihdostakin ja sen merkityksestä toimintaan. Huonolla akustolla pilataan UPS- laitteiston luotettavuus ja merkitys varmennetun verkon kannalta. Akuston vaihdossa tulee varoa korkeita oikosulkuvirtoja, koska ne pystyvät aiheuttamaan suurenkin valokaaren. Lisäksi jännitetaso akustoissa voi olla jopa 500-800 VDC ja akustojen vaihtotyöt ovat näin ollen aina jännitetyötä. Akuston vaihtotyön tulisi aina sisältää seuraavat uusittavat osat: uudet akut, vaihtotyö, kennoyhdistimet, UPS:n säädöt, UPS- laitteiston testaus, vanhan akuston käsittely ja pöytäkirjan vaihdosta.

Kortissa puhutaan viimeisenä varmennetun sähkönjakeluverkon huollosta, joka käsittelee huoltoa, ylläpitoa ja käyttöä. Tärkeimmiksi asioiksi nousevat dokumentaation ja merkintöjen ylläpito, näiden laiminlyöminen saattaa tuhota koko laitteiston suunnitellisen käytön ja ylläpidon. Varmennetun verkon tarkastuksia ovat suojauksen selektiivisyys, katkaisijoiden testaus, jäähdytyksen riittävyys akustotilassa, kaapeleiden tarkastus, lämpökuvaus keskuksille ja laitteiden- ja tilojen puhtaus. (ST 96.32 2010).

## 4 MITTAUKSET

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena tutustua mittalaitteisiin ja niiden käyttöön suoritettaessa akustojen elinkaaren aikaista kunnonhallintaa. Ensiksi selvitin mittalaitteiden toimintaa ohjekirjojen avulla ja mittalaitteiden valmistajalta löytyvästä akustojen testausoppaasta. Kun mittalaitteiden toimintaperiaatteet olivat selvillä ja olin päässyt tutustumaan laitteisiin henkilökohtaisesti. Aloin selvittämään mittauksiin liittyviä standardeja ja ST-kortteja, joista selviäisi toimintatapoja ja rajoja joiden mukaan mittauksia tulisi tehdä.

Mittauksien suorittamiseen löytyi standardi IEC 60896-21, jonka mukaan testejä tulee tehdä paikallisille lyijyakuille. IEC 60896 ”*Stationary lead-acid batteries - part 21: valve regulated types – methods of test*” määrittelee testitavat ja miten mittauksia tulee tehdä. Tämän lisäksi löytyi kaksi SFS:n julkaisua, jotka olivat SFS EN 50272-1 ja SFS EN 50272-2. Nämä standardit kertovat yleisesti akkuihin liittyvistä asioista ja paikallislisakuista. Standardien lisäksi löytyy kaksi ST- korttia, jotka määrittävät paikallisten lyijyakustojen kunnossapitoa ja huoltoa. ST 96.32- kortti kertoo UPS- järjestelmän käytöstä, ylläpidosta ja huollosta. ST 96.30- kortti kertoo akkujen hoidosta ja kunnossapidosta. Näiden standardien ja ST-korttien pohjalta lähdin luomaan työohjetta mittausten tekemiseen.

Lisäksi vielä selvitin Exide Oy:n huoltopäälliköltä Esa Tapanaiselta (2012) mitä asioita tulee huomioida mittauksia tehdessä ja mitkä ovat yleisimpiä tapoja suorittaa mittauksia. Selvitin myös YIT teollisuus Oy:llä työskentelevältä toimihenkilöltä Kari Haanpäältä (2013), miten hän on aikaisemmin tehnyt mittauksia akustoille.

Kaikkien asioiden ollessa selville, pystyin tekemään työohjeen akustojen elinkaaren aikana tehtäviin töihin ja hankkimaan koemittauksia varten lyijyakuston testauskohteeksi. Kohteeksi tuli UPM:n Kaipolan paperitehtaan 110 kV Leskenmajan sähköaseman akusto. Suoritetuista mittauksista tein raportointipohjan ja kirjasin mittauksien tiedot raporttiin (Liite 1), raportti toimitettiin UPM:llä.

## **4.1 UPM:n Kaipolan paperitehdas**

Kaipolan paperitehtaalta Leskenmajan 110 kV sähköasemalta löytyi sopiva lyijyakusto, jonka pystyi erottamaan verkosta paperikoneiden käynnin aikana ja korvaamaan rinnalla olevalla lyijyakustolla. Näin ei aiheutettu vaaratilannetta sähköaseman ohjauksille, jos jännite olisi kadonnut mittauksien aikana, jolloin akuston on erotettu ja ei käytettävissä energialähteenä.

Lyijyakusto oli toteutettu avonaisilla Midacin valmistamilla OPzS block 12/100 tyyppisillä akuilla, joissa yhden akun kapasiteetti on 100 Ah ja jännite 12 VDC (Liite 10). Akustossa oli kytketty 9 akkua sarjaan, jolloin akuston nimellisjännite on 110 VDC ja nimelliskapasiteetti 100 Ah (Liite 2).

### **4.1.1 Huolto avonaisille lyijyakuille**

Ennen mittauksien aloittamista työssä suoritettiin huolto akustolle ja huolto suoritettiin avonaisille lyijyakuille tyypillisellä tavalla. Molemmille akkutyypeille on omat huoltotavat esitelty ST 96.30- kortissa, avonaisille ja suljetuille lyijyakuille. Ennen huollon suorittamista akusto tulee erottaa varaajasta ja kytkeä viereinen akusto rinnankäytölle, jolloin ei aiheuteta vaaraa järjestelmän toiminnalle vikatilanteessa.

Avonaiselle lyijyakustolle tehdään huollossa tarkistuksia silmämääräisesti, mitataan ja tarkastetaan akkujen liitokset. Huollossa tehdyt tarkastukset ja mittauksien tulokset on esitelty seuraavaksi (Taulukko 3).

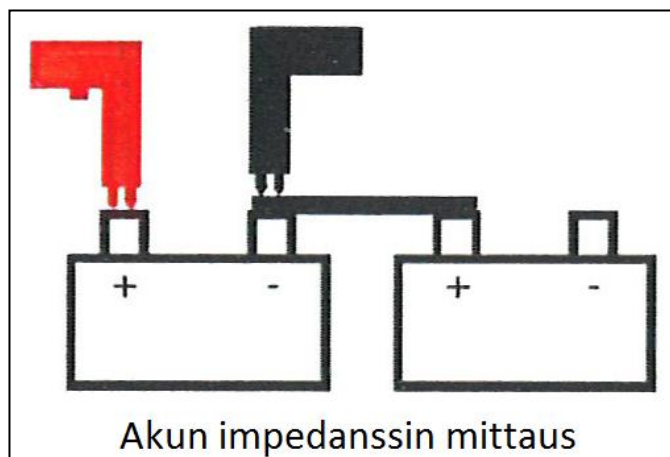
Taulukko 3. Huolto avoimelle lyijyakustolle

Tarkastuskohde	Toimenpide	Tulos
Akuston kokonaisjännite	Mittaus	120,3 V
Kenno/Akku jännite	Mittaus	Min 13,06 ja max 13,24
Tarkkailukennon elektrolyytin tiheys	Mittaus	Ei nähty tarvetta tehdä, tarkastus maksimissaan 5 v välein
Kennojen elektrolyytin tarkistus, jos ylläpitovaraus alle 2,2 V	Mittaus	Akkujännitteet kunnossa, joten ei tarvetta tehdä
Akkutilan lämpötila	Mittaus	16 °C
Elektrolyytin taso	Tarkastus/lisäys	Kunnossa
Akusto	Visuaalinen tarkistus	Kunnossa, ei hapettumia
Navat ja kennoyhdistimet	Tarkastus	Kunnossa
Sähköiset liitännät	Tarkastus	Kunnossa

Huollossa tehdyssä tarkastuksessa akuston kokonaisjännite ja akkujännitteet olivat kunnossa. Tarkkailukennon elektrolyytin tiheyttä ei tarvinnut mitata, koska se tulee tehdä vähintään viiden vuoden välein ja se oli tehty hiljattain. Akuston akkujännitteet olivat kaikissa akuissa samaa tasoa, joten en katsonut tarpeelliseksi suorittaa mihinkään niistä. Akkutilan lämpötilaksi mitattiin 16 °C, joka on hyväksyttävä lämpötila akkujen eliniän kannalta. Suositeltu säilytys lämpötila 20 °C ja 25 °C yläraja, jonka jälkeen akkujen elinikä lähtee lyhenemään merkittävästi. Elektrolyytin pinnankorkeudet olivat minimi- ja maksimirajojen sisällä, joten akkuhappoa ei lähdetty lisäämään. Akusto oli puhdas ja merkkejä vuodoista ei ollut. Akut ja kennoyhdistimet olivat kunnossa, eikä akkuhapon aiheuttamaa korroosiota ollut niissä nähtävillä (ST 96.30 2003).

#### 4.1.2 Lyijyakkujen impedanssin mittaaminen

Lyijyakuille suoritettiin sisäisen impedanssin mittaaminen, jossa jokainen lyijyaku mitattiin erikseen. Mittaus suoritettiin Megger Bite 3 Battery impedance tester- mittarilla, joka on suunniteltu akkujen sisäisen impedanssin mittaamiseen. Sisäisen impedanssin kasvulla on merkitystä akun- ja akuston elinikään. Lyijyakkujen impedansseja mitaamalla akustossa, pystytään havaitsemaan vikaantuneet akkumoduulit akustossa impedanssin muutoksena ja näin pystytään saamaan suuntaa-antavaa tietoa akuston kunnosta. Akun impedanssi mitataan plus- ja miinusnavan väliltä, joka on esitelty seuraavaksi (Kuvio 3).



Kuvio 3. Impedanssin mittaaminen (Bite 3 Instruction manual 2008, 17)

Meggerin Bite 3- mittalaitteeseen on asetettu hälytys- ja vikarajat, mittalaite laskee keskiarvon akuston akkujen impedansseista ja vertaa siihen yksittäisten akkujen impedanssi arvoja. Mittalaitteen hälytysraja on asetettu 15 % ja vikaraja 30 %. Mittaustuloksista nähdään yksittäiset muutokset, mikäli akuston käyttöönotossa ei ole otettu uusien akkujen impedansseja ylös. Mikäli käyttöönotossa on otettu ylös impedanssi arvot, voidaan mittaustuloksia eliniän myötä verrata niihin ja tehdä pikatestejä akustolle, jos kuormituskoetta ei haluta suorittaa tai ole mahdollisuutta irrottaa akustoa varaajasta käytön keskeytymisen vuoksi.

Ennen akkujen impedanssimittausten aloittamista varmistettiin varaajan irtikytkettyminen ja akuston oleminen täydessä varauksessa. Tämän jälkeen aloitettiin suorittamaan mittauksia akkujen sisäisistä impedansseista ja akkujen mittaussjärjestys meni varaajan plusnavasta miinusnapaan, koska akut oli numeroitu näin 1-9 ja tämä järjestys tulee olla aina sama. Akkujen pitäminen numeroituna ja mittauksen tekeminen samassa järjestyksessä on tärkeää tulosten vertailukelpoisuuden takia, ettei tule virheellisiä analyyskejä tuloksista jos verrataan aikaisempiin mittauksiin.

Mitatut tulokset tallennettiin mittauksien suorituksen jälkeen mittalaitteen muistiin ja mittalaite teki tuloksista yhteenvedon, jossa se vertaili yksittäisiä akkujen impedanssi arvoja akuston impedanssin keskiarvoon. Mittaustuloksien perusteella akuston akut olivat kunnossa, koska suurin ero keskiarvoon 9,41 mΩ oli 7,7 % tuloksella 10,01 mΩ ja tämä tuli akusta numero seitsemän. Lisäksi vertasin tuloksia valmistajan ilmoittamaan nimellisarvoon ja senkin puolesta akut olivat kunnossa. Akkujen impedanssimittausten

tulokset ja vertaus valmistajan ilmoittamaan nimellisarvoon on esitelty seuraavaksi (Taulukko 4).

Taulukko 4. Impedanssien mittaustulokset

Akku numero	Mitattu impedanssi (mΩ)	Muutos keskiarvoon (%)	Nimellinen impedanssi (mΩ)	Muutos (%)
1	9,28	-1,5	9,44	-1,7
2	9,13	-2,9	9,44	-3,3
3	9,10	-3,3	9,44	-3,7
4	9,16	-2,7	9,44	-3,0
5	9,68	2,9	9,44	2,5
6	9,04	-3,9	9,44	-4,3
7	10,13	7,7	9,44	7,3
8	10,02	6,5	9,44	6,1
9	9,16	-2,6	9,44	-3,0
Keskiarvo	9,41			

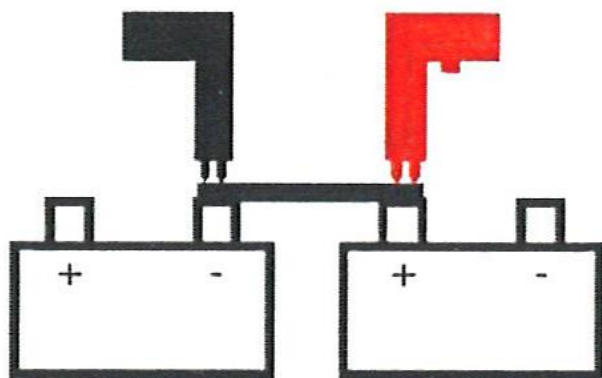
Myöhemmin mittaustulokset purettiin tietokoneelle mittalaitteen muistista Meggerin PowerDB- ohjelmaan ja tehtiin testiraportti impedansseista (Liite 3), testiraportti laitettiin liitteeksi akuston elinkaaren aikaiseen kunnonvalvonta- raporttiin. (Bite 3 Instruction manual 2008, 16-17).

#### 4.1.3 Lyijyakkujen kennoyhdistimien resistanssin mittaaminen

Lyijyakkujen kennoyhdistimien resistanssin mittaamisella selvitetään liitoksien kuntoa ja sähkönsiirtokykyä akustossa. Kennoyhdistimien resistanssin mittaamisella voidaan ohittaa erilliset liitoksien tarkastelut, koska mittaus selvittää samat asiat kuin käsin tehty tarkastus liitoksien kireydelle ja mahdollinen liitoksien puhdistus/rasvaus. Tässä työssä akustolle kuitenkin tehtiin myös mekaaninen tarkastus, kuten aiemmin kerrottiin.

Kennoyhdistimien resistanssi mitataan Meggerin Bite 3 impedance tester- mittalaitteella, joka kykenee myös mittaamaan resistanssia. Mittaus tehdään samalla tavalla kuin impedanssin mittaaminen, mutta erona on vain akkujen välinen mittaus kennoyhdistimen ylitse. Mittaus tehdään akun plusnavasta viereisen akun miinusnapaan ja tämä tehdään jokaiselle kennoyhdistimelle, samassa järjestyksessä kuin akkujen impedanssit on mitattu. Kennoyhdistimen mittaus on esitelty seuraavaksi (Kuvio 4).





### Kennoyhdistimen mittaus

Kuvio 4. Kennoyhdistimen resistanssin mittaus (Bite 3 Instruction manual 2008, 17)

Meggerin Bite 3- mittalaitteessa on varoitus- ja hälytysrajat asetettu myös kennoyhdistimiä mitattaessa. Kennoyhdistimiä mitattaessa hälytys tulee 15 % muutoksesta ja 30 % muutoksesta vikahälytys. Mittalaite laskee akuston kennoyhdistimistä keskiarvon ja vertaa siihen yksittäisiä mitattuja arvoja akuston sisällä. Kennoyhdistimen resistanssi kasvaa liitoksien likaantuessa ja löystyessä.

Akuston kennoyhdistimien resistanssien mittaukset suoritettiin akkujen impedanssien mittaamisen ja tuloksien tallentamisen jälkeen. Resistanssien mittaaminen suoritettiin samassa järjestyksessä kuin aikaisemmat impedanssimittaukset, jotta tuloksien analysoinnissa ei tulisi virheitä ja mittausjärjestys oli looginen.

Kun kaikkien akkujen kennoyhdistimien resistanssit oli mitattu, tallennettiin ne mittalaitteen muistiin. Mittalaite tunnistaa tallennuksen yhteydessä kyseessä olevan kennoyhdistimien resistanssin mittaus ja tekee niistä vertailun akuston kennoyhdistimien resistanssin keskiarvoon. Suurin mitattu kennoyhdistimen resistanssin muutos oli 37,5 % ja arvona 0,279 mΩ, joka tuli 1- ja 2 akun väliltä. Tästä mittalaite antoi hälytyksen ja liitos tarkastettiin uudelleen. Kennoyhdistimien resistanssin keskiarvoksi tuli 0,203 mΩ ja mittaustulokset on esitelty seuraavaksi (Taulukko 5).

Taulukko 5. Resistanssien mittaustulokset

Kennoyhdistimen numero	Mitattu resistanssi (mΩ)	Muutos keskiarvoon (%)
1	0,279	37,5
2	0,154	-24,1
3	0,242	19,3
4	0,173	-14,7
5	0,215	6,0
6	0,175	-13,7
7	0,214	5,5
8	0,171	-15,7
Keskiarvo	0,203	

Myöhemmin mittaustulokset purettiin tietokoneelle mittalaitteen muistista Meggerin PowerDB- ohjelmaan ja tehtiin testiraportti resistansseista (Liite 4), testiraportti laitettiin liitteeksi akuston elinkaaren aikaiseen kunnonvalvonta- raporttiin. Lisäksi raporttiin kirjoitettiin huomautukset varoitus- ja hälytysrajat ylittävät lukemat ja minkä akkujen väliltä ne on tullut. Raporttiin myös kirjoitettiin kehoitus niiden avaamisesta ja puhdistamisesta seuraavassa tarkastuksessa. (Bite 3 Instruction manual 2008, 16-17).

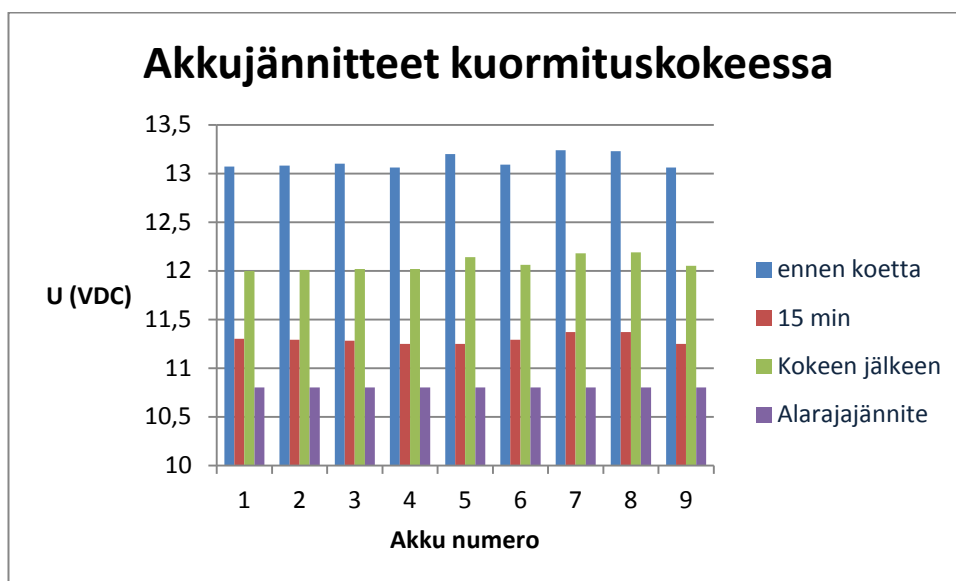
#### 4.1.4 Akuston kapasiteetin mittaaminen

Akuston kapasiteetin mittaamisessa akustolle suoritetaan kuormituskoe, joka havainnollistaa akuston toimintaa sähkökatkon aikana ja sitä kuinka se kestää suoritearvojen mukaisen kuormituksen. Akuston kuormituskokeessa akustoon kytketään kiinni Meggerin Torkel 840 kuormitusmittalaite, jolla akuston varausta aletaan purkaa. Akuston varauksen purkuun vaikuttavat akuston jännitetaso ja kapasiteetti.

Akustolle suoritettavassa kuormituskokeessa on selvittävä akkuvalmistajan ilmoittava purkuvirta ja purkausaika akkujen tuoteselosteesta. Lisäksi on toimittava IEC 60896-21 standardin testaus-sääntöjen mukaisesti. Standardista löytyy lyijyakustoille alarajajännitteet ja purkausajat yleisimmille kuormituskokeiden pituuksille.

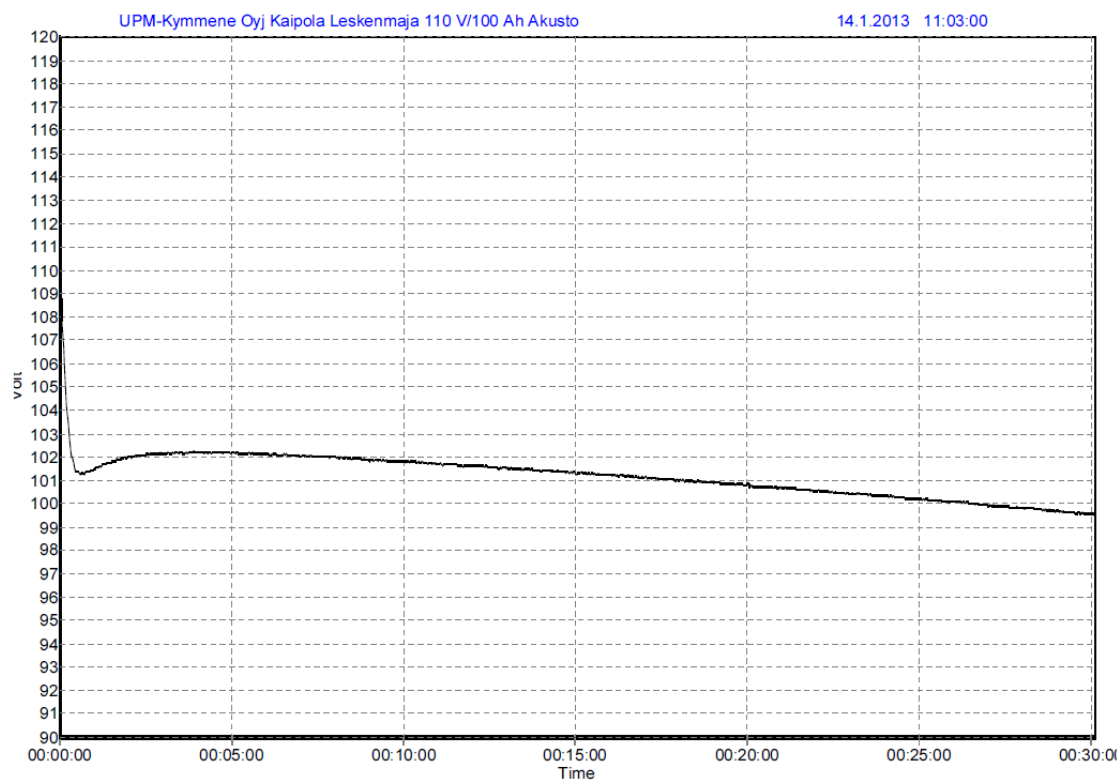
Akustolle suoritettussa kuormituskokeessa käytin valmistajan ilmoittamia arvoja, jotka olivat 0,5 h ja 1,8 VDC. Valmistajan (Midac) ilmoittamat arvot olivat korkeammat kuin standardin vaatimat ja silloin käytettiin niitä ensisijaisesti. Kennojännitteen alarajan ollessa 1,8 VDC, tuli akuston alarajajännitteeksi 97,2 VDC ja akun alarajajännitteeksi 10,8 VDC. Akuston purkausvirraksi tuli 61,9 A, 0,5 h purkausajalla.

Ennen kuormituskoea käynnistettiin Meggerin Torkel Win- ohjelmisto, jonne asetettiin purkausaika, purkausvirta ja alarajajännite. Kannettava tietokone liitettiin usb/RS 232-yhdysjohdolla mittalaitteeseen ja luotiin yhteys näiden välille. Mittalaitteeseen kytkettiin virta päälle ja automaattisulakkeet kytkettiin päälle. Tämän jälkeen koe voitiin aloittaa painamalla start-komentoa ohjelmistosta. Lisäksi mitattiin yleismittarilla akkujen jännitteet alussa, 15 min kohdalla ja 30 min kohdalla, siksi ettei yksikään akku olisi viikatilanteessa ja voisi aiheuttaa koko akuston tuhoutumista. Akkujen jännitemittauksien tulokset on esitelty seuraavaksi (Kuvio 5).



Kuvio 5. Akkujännitteet kuormituskokeen aikana

Kapasiteetin mittaaminen voitiin suorittaa ongelmitta loppuun, koska akuston jännite pysyi alarajajännitteen yläpuolella ja myös akkukohtaiset jännitteet pysyivät alarajajännitteen yläpuolella. Akuston loppujännitteeksi tuli 99,49 VDC, joka on 2,29 VDC korkeampi kuin alarajajännite. Näin ollen akuston voidaan todeta olevan kunnossa ja kestävän todellisen kuormitustilanteen. Torkel win- ohjelmalla saatiin jännitteen kuvaaja purkaukokeen ajalta ja on esitelty seuraavaksi (Kuvio 6).



Kuvio 6. Purkauskokeen jännitekuvaaja ajan suhteen

Kuormituskokeen testituloksista tehtiin testiraportti (Liite 5), jännitekuvaaja ja pistearvot (Liite 6) Torkel win- ohjelmistolla ja ne lisättiin akuston elinkaaren aikaiseen kunnonvalvonta- raporttiin liitteeksi. (Pefi Oy Torkel käyttöohjekirja; IEC 60896-21 2004, 53).

## 5 MITTALAITTEISTOT

### 5.1 Megger Torkel 840

Meggerin torkel 840 on kuormitusmittalaite (Kuvio 7), jolla voidaan mitata akustojen kapasiteetteja. Mittalaite on kehitetty pelkästään akustoja varten ja niiden kapasiteetin mittaamiseen. Mittalaitteella pystytään tekemään kuormituskoe vakiovirralla, vakioteholla, vakiovastuksella, profiilivirralla ja profiiliteholla. Näistä yleisimpänä ja tässä opinnäytetyössä käytettiin vakiovirtaa.



Kuvio 7. Megger Torkel 840- kuormitusmittalaite

Mittalaitetta voidaan käyttää kuormituskokeessa käyttöpaneelista ja asettaa halutut suoritearvot sen kautta, jolloin kokeen kulku tallentuu mittalaitteen muistiin. Suoritettu kuormituskoe voidaan myöhemmin siirtää mittalaitteen muistista tietokoneelle Torkel Win- ohjelmalle. Kuormituskokeen siirtäminen tietokoneelle vaatii avaimen, joka on koodattu laitteen sarjanumerolle ja avaimena toimii usb- muistitikku, jossa koodaus on. Mittalaitteen muistiin mahtuu kerrallaan vain yksi kuormituskoe ja aina uusin jää muistiin.

Mittalaitetta voidaan myös käyttää suoraan tietokoneelta Torkel Win- ohjelmasta, tällöin ei tarvita usb- muistitikkua. Kuormituskokeen voi aloittaa suoraan tietokoneelta, kun tarvittavat suoritearvot on asetettu, mittalaite kytketty akustoon, mittalaite käynnistetty ja sulake F1 kytketty päälle. Tietokoneelta käytettynä nähdään heti jännitteen kuvaaja näytöllä ja voidaan tehdä myös tarkennuksia suoritearvoihin kuormituskokeen aikanaan.

Mittalaitteeseen voidaan asettaa seuraavia hälytyksiä ja rajoja koetta varten: jännitteen hälytysraja, jännitteen alaraja, aikahälytys ja raja-aika. Jännitteen alarajan tai raja-ajan saavuttaessa laite lopettaa kokeen automaattisesti. Hälytykset antavat äänimerkin rajojen lähestymisestä, mikä helpottaa kokeen seuraamista.

Mittalaitteella pystytään mittaamaan 12-288 VDC jännitetasoisia akustoja, 12-144 VDC akuston suurin saatava purkausvirta on 110 A, 145-288 VDC akuston suurin saatava purkausvirta on 55 A ja suurin saatava purkausteho on 15 kW. Mittalaitteessa on myös mahdollista mitata ulkoista virtaa erillisellä pihtivirtamittauksella, joka on hyödyllinen jos käytetään lisäkuormia ja halutaan tietää tarkkaan purkausvirta.

Mittalaitteeseen on saatavilla lisäkuormia lisävarusteena ja niiden avulla pystytään pääsemään useiden kA suuruisiin purkausvirtoihin. Nämä ovat oikein suuria akustoja varten, joiden kapasiteetit ovat tuhansia ampeeritunteja. Lisäkuormien kuormitus katkeaa heti kun kuormitusmittalaite pysäyttää kokeen suorituksen. (Megger Torkel 840 programma)

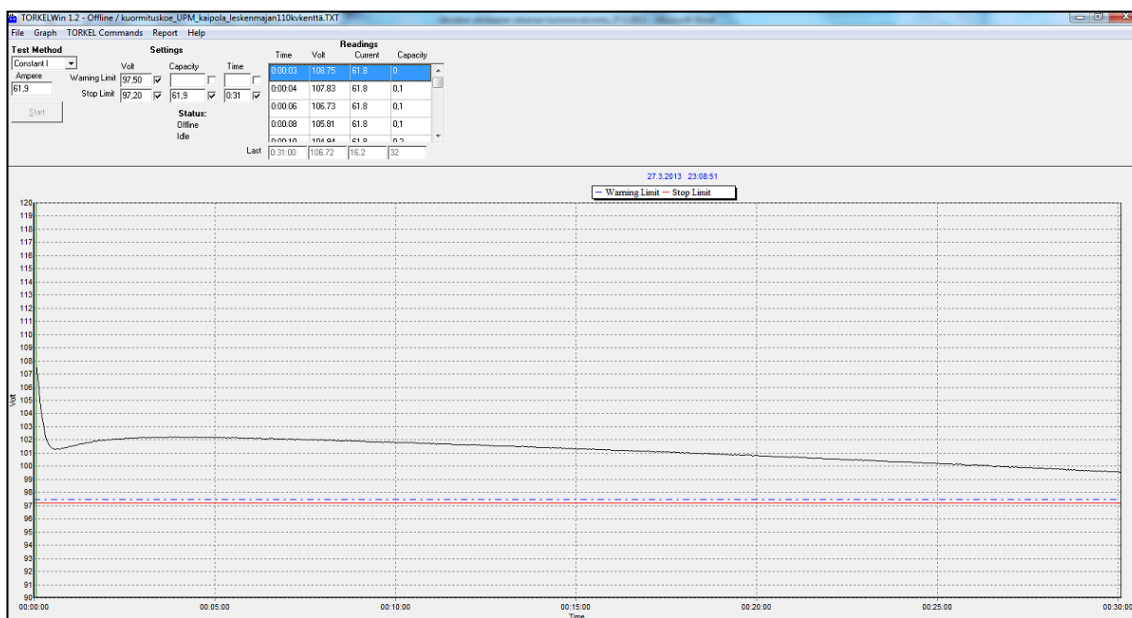
### **5.1.1 Torkel win- ohjelma**

Megger Torkel 840- kuormitusmittalaitteen mukana tulee Torkel win- ohjelmisto ja on tarkoitettu mittaustuloksien analysointia varten. Ohjelmalla saadaan luotua mittaustuloksesta jännitteenkuvaaja ajan suhteen ja lisäksi saadaan tarkasteltua mittaustulosta kahden sekunnin välein, joka mahdollistaa tarkankin analyysin akuston jännitteen laskusta kuormituskokeen aikana.

Mittaustuloksesta voidaan myös tehdä ohjelmistolla testiraportti, johon saadaan laitettua kohdetiedot, kuormituskokeen suoritearvot, akkujen tyypit, lopputulokset ja sanallinen

selvitys akuston kunnosta- ja testin läpäisystä. Testiraportti sisältää testitulokset, pistearvot ja jännitteenkuvaajan. Testiraportin tiedoista tehtiin tässä opinnäytetyössä vielä erikseen akuston kuntokartoitus raportti, johon nämä tiedot kirjattiin yhteenvedona.

Ohjelmiston käyttö ja toiminta ovat helppoja, kunhan saa tietokoneen ja mittalaitteen toimimaan yhteen, laitteiden välinen tiedonsiirtokaapeli on toteutettu rs-232 liittimillä ja sen takia jouduttiin hankkimaan rs-232/usb- adapteri jälkeensä. Useimmissa kannettavissa tietokoneissa ei ole tänä päivänä rs-232 porttia ja tämän takia ilman adapteriä käyttö on mahdotonta. Ohjelmiston käyttöliittymä on melko yksinkertainen ja se on esitelty seuraavaksi (Kuvio 8). (Pefi Oy Torkel käyttöohje).



Kuvio 8. Torkel win- ohjelma

### 5.1.2 PowerDB lite- ohjelma

PowerDB- ohjelmisto on suunniteltu mittaustuloksien analysoimista varten ja toimii useimpien Meggerin mittalaitteiden kanssa. Kokeilin myös tätä mittaustuloksen analysointia ja testiraportin tekoa varten. PowerDB- ohjelmalla en kuitenkaan pystynyt luomaan testituloksista minkäänlaista vedosta ja muutenkin ohjelma tuntui huonosti löytävän mittalaitetta tiedonsiirrolla.

Melko nopeasti luovuin tämän ohjelman käytöstä Torkelin mittaustulosten analysoinnin suhteen ja totesin Torkel win- ohjelman olevan tämän mittalaitteen kohdalla olevan toimivampi. Ohjelmistolla olisi pitänyt pystyä tekemään samat asiat kuin Torkel win-ohjelmalla. Täytyy huomioida että kokeilemani ohjelma oli ilmaisversio ja kaikkien ladattavissa netistä, joka löytyy powerDB- yhtiön nettisivuilta. Ohjelmistosta löytyy advanced ja pro versiot myös, jotka ovat maksullisia ohjelmia. (PowerDB Ltd 2013).

Kyseisistä ohjelmista sain tiedon mittalaitteiden maahantuojalta, kun selvittelin Meggerin Bite 3- mittalaitteen tiedonsiirto ongelmia. Maahantuojan edustaja Jarno Turtiainen (2013) neuvoi kokeilemaan kyseistä ohjelmaa ja huomasin itse ohjelman tukevan myös Meggerin Torkel 840- mittalaitetta.

## 5.2 Megger Bite 3

Meggerin Bite 3 on impedanssin mittauslaite (Kuvio 9), joka on suunniteltu akkujen impedanssien mittaamista varten. Mittalaitteella pystyy myös mittaamaan kennoyhdistimien resistanssia, varauslaitteen syöttämän rippelin- ja harmonisen virran, yksittäisiä pikatestejä impedanssista ja täydellisen impedanssi mittauksen. Mittalaite kykenee mittaamaan yksittäisiä akkuja 2000 Ah saakka.



Kuvio 9. Meggerin Bite 3- mittalaite



Mittalaitteella selvitetään akuston akkujen sisäisiä muutoksia ja korroosion vaikutusta elinikään. Sisäisellä impedanssin mittaamisella saadaan selville akun kunto, kun verrataan mitattua tulosta uuden akun nimellisarvoihin. Kun akun impedanssi lähtee kasvamaan, seuraa siitä akkujen jännitteiden laskemista kuormituksen aikana.

Meggerin Bite 3- mittalaitteessa on tehdasasetuksina 15 %- muutoksesta tulee hälytys ja 30 %- muutoksesta vikailmoitus. Mittalaite laskee mitatusta akustosta keskiarvon impedanssille ja vertaa sitä yksittäisiin arvoihin. Mittalaitteella saatuja tuloksia voidaan lisäksi verrata valmistajan antamiin arvoihin tai käyttöönoton yhteydessä mitattuihin akkujen impedansseihin.

Kennoyhdistimien resistanssia mitattaessa laitteella tehdään täydellinen akuston testi ja tallentaessa mittalaite osaa tunnistaa mittaukset kennoyhdistimien resistanssin mittaukseksi. Kennoyhdistimien mittauksessa raja-arvot muutoksessa ovat samat prosentteina ja vertaa tuloksia myös samalla tavalla mitattujen kennoyhdistimien keskiarvoon.

Mittalaitteella mitatut tulokset tallentuvat muistiin, joka kykenee tallentamaan useita eri akkujen mittaustietoja. Mittaustiedot voidaan myös siirtää mittalaitteesta tietokoneelle tiedonsiirtokaapelilla ohjelmistoon. Ohjelmiston avulla mittaustuloksista pystyy tekemään testausraportin. Mittalaitteelle tulee kaksi ohjelmaa mukana ja on saatavana myös ilmaisversioita. Meggerin Bite 3- mittalaitteessa on myös käytössä rs-232 portti, jolloin joudutaan käyttämään rs-232/usb- adapteriä. (Bite 3 Instruction manual 2008).

### **5.2.1 Mittalaitteen mukana tulevat ohjelmat**

Meggerin Bite 3- mittalaitteen mukana tulevat ohjelmat ovat Avolink ja Proactiv. Asensin nämä molemmat tietokoneelle tiedonsiirtoa- ja analysointia varten. Mittaustuloksien siirtoa tehdessäni en saannut kumpaakaan toimimaan tietokoneen kanssa, kun käytin usb- adapteriä. Ohjelmistoista ei pystynyt valitsemaan oikeaa Com- porttia, johon mittalaite oli yhdistetty. Tästä johtuen otin yhteyttä laitteen maahantuojaan edustajaan Jarno Turtiaiseen (2013), joka osasi neuvoa sen verran, että kannattaa kokeilla powerDB- ohjelmistoa.

Proactiv- ohjelmalla pitäisi pystyä analysoimaan mittaustuloksia ja tekemään tarvittavat testiraportit. Mittaustuloksista pitäisi pystyä tekemään kuvaajia mitatuista tuloksista. Tämä ei kuitenkaan onnistunut koskaan, kun ohjelmat eivät löytäneet mittalaitetta. Avolink- ohjelmistolla pitäisi pystyä tekemään samat asiat kuin Proactiv- ohjelmistolla. (Bite 3 Instruction manual 2008).

### **5.2.2 PowerDB lite- ohjelma**

PowerDB lite- ohjelman latsin internetistä, ohjelmiston valmistajan sivuilta ja asensin sen tietokoneelle. Tämä ohjelmisto onnistui löytämään mittalaitteen ja sain mittaustulokset siirrettyä ohjelmaan mittalaitteelta. Ohjelmistolla pystyy tekemään testiraportin impedanssin mittaustuloksista ja kennoyhdistimien resistanssin mittauksista. Testiraportteihin tulee kohdetiedot, mittausaika ja mittaustulokset. Mittaustuloksissa näkyvät samat asiat kuin mittalaitteen tekemässä analyysissä ja testiraportin ulkonäkökin on selkeä (Liite 3 ja 4).

PowerDB lite- ohjelma oli helppokäyttöinen ja selkeä luodessa testiraporttia. Tämä ohjelman kansatiedonsiirto toimi hyvin ja Com- porttien valinnassa näkyi kaikki käytössä olevat portit, eivätkä vain oletusasetuksina olevat portit. Pelkästään lite- version kokeilu luo uskoa siihen, että myös paremmat maksulliset versiot ovat toimivia. (PowerDb 2013).

## 6 MARKKINAPOTENTIALIAALI

Markkinapotentiaali selvityksen tarkoituksena oli kartoittaa Metsä Fibren tehtaiden akustojen määriä, niiden huoltohistoriaa ja miten tulevaisuudessa aiotaan hoitaa niiden huoltaminen ja ylläpito. Kohderyhmään kuului Kemin-, Äänekosken-, Joutsenon- ja Rauman tehtaot. Kohderyhmän rajausta tehtiin opinnäytetyön sopimusta tehtäessä ja rajauksen tarkoitus oli pitää opinnäytetyön laajuus sopivana. Tietojen perusteella on tarkoitus analysoida akustojen elinkaaren aikaisessa kunnonvalvonnassa tehtävän työn markkinoiden laajuutta.

### 6.1 Markkinapotentiaali tutkimuksen tekeminen

Ensimmäisenä tehtävänä oli lähteä tekemään markkinapotentiaalitutkimuksen sähköposti kyselyä kohderyhmälle. Sähköpostin sisällöksi määriteltiin: kuka kyselee, mitä halutaan selvittää, mitä varten tietoja kerätään ja virallinen markkinapotentiaalitutkimustiedosto liitteeksi, josta selvisi kaikki sähköposti viestiin liittyvät asiat (Liite 7).

Tutkimuksen kohderyhmää lähestyttiin jokaisen Metsä Fibre:n tehtaon sähkökäytön johtajaa sähköpostitse. Kemin tehtaalla sähkökäytön johtajana toimi Kenneth Sonntag, Äänekosken tehtaalla Jukka Sauriala, Joutsenon tehtaalla Pekka Kettunen ja Rauman tehtaalla Hannu Santala. Sähkökäytön johtajien nimet kyselyä varten tulivat Mikko Luomalta (2013), opinnäytetyön toimeksiantajalta. Kyselyn sisältöä varten kysyin neuvoja opinnäytetyön valvojalta Matti Häkkiseltä (2013) ja mitä kaikkea tietoa tulisi saada kyselyn yhteydessä, jotta saataisiin riittävän laaja selvitys.

Itse kysely lähetettiin jokaiselle sähkökäytön johtajalle erikseen 25.2.2013 sähköpostilla. Vastaukset tulivat sähköpostiviestillä ja niihin laitettu liitteet tarkemmista tiedoista. Kerätyistä tiedoista tein yhteenvedon jokaisen tehtaon akustojen määrästä, akustojen kapasiteeteista, lyhyen katsauksen aikaisemmasta huoltohistoriasta ja tulevaisuuden toimenpiteet akustojen elinkaaren aikaista kunnonvalvontaa varten, myös mahdolliset akustojen uudistamiset.

## 6.2 Metsä Fibre Kemi

Kemin Metsä Fibreltä vastaukset sain sähkölaitosakustojen määrästä, UPS- laitteistojen määrästä, kunnossapidosta ja tulevaisuuden huoltosuunnitelmista tehtaalla. Akustojen ja UPS- laitteiden kapasiteeteista ja jännitetasoista en saanut tietoa, joten niitä ei ole tämän tehtaan kohdalta esitelty.

Kemin tehtaalla sähkölaitoksella on paikallisakustoja 5 kappaletta, UPS- laitteistoja 8 kappaletta, kunnossapitoa hoidettu tähän mennessä käynnissä-pito osaston voimin ja tulevaisuuden huolto- ja kunnossapito suunnitelmat kirjattu SAP- järjestelmään. Tulevaisuudessa akustojen huolto jatkuu samalla tavalla kuin tähän mennessä on tehty. Akustojen uusimisia ei ole tällä hetkellä tiedossa. (Sonntag 2013).

## 6.3 Metsä Fibre Äänekoski

Äänekosken Metsä Fibreltä vastaukset sain paikallisakustojen määrästä, akustojen kapasiteeteista, akustojen jännitetasoista ja niiden kunnossapidosta. Kunnossapidosta on kerrottu määräaikaistarkastuksen sisältö ja määräaikaistarkastuksen tarkastusväli. Äänekosken tehtaalta tuli juuri ne tiedot mitä haluttiin saada tietoon ja näillä tiedoilla pystyy tekemään kattavan selvityksen markkinapotentiaalista.

Tehtaan akustojen tiedoista tein taulukon, jossa on helppo esitellä selkeästi akustojen suoritearvot ja käyttötarkoitus. Taulukossa on esitelty viiden eri akuston tiedot, joita tehtaalla on käytössä. Äänekosken tehtaan paikallis akustojen tiedot on esitelty seuraavaksi (Taulukko 6).

Taulukko 6. Äänekosken tehtaan paikallisakustojen tiedot

Käyttökohde	Jännitetaso (VDC)	Kapasiteetti (Ah)	Valmistaja	Malli	Valmistusvuosi
Tasasähkökeskus	220	490	Hoppecke	70PzS 490	2006
Tasasähkökeskus	48	270	Varta	GLS PLUS 6/270	2002
Varavoima generaattori	24	62	Varta	GLS PLUS 12/60	2000
Damatic valvomo asemat	56	300	Varta	60PzS 300	1995
Damatic prosessi asemat	56	300	Varta	60PzS 300	1995

Taulukon tietoja tarkennetaan vielä sen verran, että 220 VDC tasasähkökeskuksen akusto koostuu 2 V akuista, joita on 108 kpl akustossa. 48 VDC tasasähkökeskuksen akusto koostuu 6 V akuista, joita on 8 kpl akustossa. 24 VDC varavoima generaattorin oma-ikäyttö koostuu 12 V akuista, joita on 2 kpl akustossa. 56 VDC damatic valvomo asemat koostuu 6 V akuista, joita on 28 kpl akustossa. 56 VDC damatic prosessi asemat koostuu 6 V akuista, joita on myös 28 kpl akustossa.

Äänekosken tehtaalla akustojen kuntoa on pidetty yllä 4kk välein tehtävällä määrääikaistarkastuksella. Määräaikaistarkastuksessa on tehty ominaispainomittaus akkuvedelle, akkuveden määrän tarkastus ja mahdollinen lisäys. Lisäksi akustot on puhdistettu ulkoisesti jokaisen tarkastuksen yhteydessä. Määräaikaistarkastus on osana SAP-järjestelmää ja näin akustoja tullaan huoltamaan jatkossakin. (Sauriala 2013).

#### **6.4 Metsä Fibre Joutseno**

Joutsenon Metsä Fibreltä sain vastaukset sähkölaitos paikallisakustoiden määrästä, akustojen käyttökohteista ja huollon toteutuksesta. Akustojen kokoja ja valmistaja ei ilmoitettu, joten niiden tietojen osalta selvitys jäi suppeaksi. Myös tulevaisuuden huolto suunnitelmista tuli lyhyt vastaus.

Joutsenon tehtaalla sähkölaitoksella on akustoja 8 kappaletta, jotka ovat 110 VDC akustoja. Lisäksi akustoja käytetään automaatiojärjestelmissä, generaattorilla, varavalaistuksessa, linkkiasemissa ja logiikoissa tehtaalla. Muiden järjestelmien akustojen määriä ei esitelty ja markkinapotentiaali painottuu sähköasemien paikallisakustoihin.

Akustojen huollosta kerrottiin sen verta, että niille on suoritettu ennakko- huoltoja ja määräaikaistarkastuksia. Tulevaisuudessa aiotaan myös jatkaa näin akustojen huoltoa ja ylläpitoa. Akustojen huollot on ulkoistettu huoltoja suorittavalle yritykselle. (Kettunen 2013).

## 6.5 Metsä Fibre Rauma

Rauman Metsä Fibreltä vastaukset sain paikallisakustojen määrästä, akustojen kapasiteeteista, akustojen jännitetasoista ja niiden kunnossapidosta. Kunnossapidosta on kerrottu määräaikaistarkastuksen sisältö ja kuinka ne on suoritettu. Lisäksi Rauman tehtaalta kerrottiin tulevaisuuden suunnitelmista akustojen huollon suhteen.

Rauman tehtaan akustojen tiedoista tein taulukon, jossa on helppo esitellä selkeästi akustojen suoritearvot. Taulukossa on esitelty neljän eri akuston tiedot, joita tehtaalla on käytössä. Rauman tehtaan paikallis akustojen tiedot on esitelty seuraavaksi (Taulukko 7).

Taulukko 7. Rauman tehtaan paikallisakustojen tiedot

Jännitetaso (VDC)	Kapasiteetti (Ah)	Valmistaja	Malli	Valmistusvuosi
110	564	Tudor	SEF7C 108/564	1995
110	564	Tudor	SEF7C 108/564	1995
24	203	-	-	1995
24	203	-	-	1995

Taulukon tietoja tarkennetaan vielä sen, että 110 VDC akustot koostuvat 2 V akuista, joita akustossa on 54 kpl. 24 VDC akustot koostuvat 6 V akuista, joita akustoissa on 4 kpl. Akustojen käyttökohteita ei ilmoitettu, eikä myöskään 24 VDC akustojen valmistaja.

Rauman tehtaalla akustoja on määräajan välein tarkastettu, tarkastuksessa on mitattu akuston jännite, kennojännitteet ja kennojen akkuveden ominaispaino. Satunnaisesti mitattu kennojen lämpötiloja, jotta mikään kenno ei ole liian lämpöisessä. Lisäksi akustoille on tehty kuormituskokeita ja viimeisin kuormituskoe on suoritettu 2011 marraskuussa. Kuormituskokeissa akustot ovat menneet hyväksytysti lävitse testeistä.

Tulevaisuudessa akustot on tarkoitus uusia lähivuosina, koska niiden elinkaari alkaa olla loppupäässä. Akustojen kuntoa aiotaan pitää yllä samalla tavalla kuin tähän asti on tehty ja kuormituskokeita tullaan suorittamaan jatkossakin akustoille määräajoin. Huoltojen määräaikoja ei ilmoitettu kyselystä saadussa vastauksessa. (Santala 2013).

## 7 POHDINTA

### 7.1 Työohjeen onnistuminen

Opinnäytetyön päätavoitteena oli valmistella työohje, jonka avulla tämän jälkeen pystyisi suorittamaan akustojen elinkaaren aikaista kunnonvalvontaa. Työohjeen sisällön toivottiin pohjautuvan standardeihin ja säännöksiin. Näiden pohjalta lähdin rakentamaan työohjetta. Kun työohje oli siinä vaiheessa, että sillä pystyi lähteä suorittamaan mittauksia, aloin hankkimaan mahdollista mittauskohdetta ja sellainen tarjoutui UPM:n Kaipolan paperitehtaalta, jossa sähköasemalla oli akustoja.

Kävin suorittamassa akuston määräaikaistarkastuksen, joka sisälsi impedanssien mittaamisen ja kapasiteetin mittauksen. Akuston kuormituskokeessa valitsin mahdollisimman lyhyen purkausajan, joka oli mahdollista toteuttaa kuormitusmittalaitteen avulla. Kun akustosta puretaan mahdollisimman vähän kapasiteettiä valmistajan suoritearvojen mukaisesti, kärsii akuston elinikä vähiten lyijyakustoissa. Omien pohdintojen kautta suosittelenkin kuormituskokeissa suuria purkuvirtoja ja lyhyitä purkausajoja, koska näissä akuston kapasiteettiä ei pureta paljoa ja suuri virta tuo paremmin näkyviin heikot kohdat akustosta. Lisäksi aikaa säästyy ja siten tällainen tulee taloudellisemmaksi vaihtoehdoksi.

Työohjeessa on myös impedanssien mittaamisen ohjeet ja niillä olisi tarkoitus tehdä pikaisia mittauksia akustoista, kun kuormituskoetta ei ole mahdollista suorittaa. Nämä mittaukset ovatkin lähinnä suuntaa antavia, eivätkä kerro todellista kestoja kuormituslanteessa. Lisäksi näihin mittauksiin on hyvä olla valmistajan ilmoittama nimellisarvo tiedossa tai käyttöönoton yhteydessä mitattu impedanssi. Mittauksen etuna on että se ei kuormita akustoa millään tavalla ja on tehtävissä erittäin nopeasti akustolle. Omien selvitysten myötä impedansseja ei vielä paljoakaan mitailla Suomessa ja aihe on vielä tuntematon osalle kunnossapidon parissa työskenteleville. Tämän mittauksen yleistyminen vaatii, että kaikki valmistajat alkavat ilmoittamaan akkujen impedanssin nimellisarvon ja uusien akustojen käyttöönoton yhteydessä akustojen impedanssit mitataan.

## 7.2 Metsä Fibren markkinapotentiaali

Toisena päätavoitteena oli suorittaa markkinapotentiaalitutkimus Metsä Fibren sellutehtaisiin ja saada tätä kautta tietoa käytettävistä akustoista. Selvityksessä sain tiedot kaikista tehtaista ja parista tehtaasta tulikin melko kattavat tiedot. Mitä tarkemmat tiedot saa käytettävistä akustoista, sitä paremmin pystyy etukäteen laskemaan työn vievän ajan etukäteen määrittelemään ja hinnoittelemaan. Kun akkuvalmistaja ja -tyyppi on tiedossa, löytää internetistä hakemalla melko varmasti kyseisen akun valmistajan ilmoittamat suoritearvot.

Metsä Fibren sellutehtailla on yhteensä 13 sähkölaitos paikallisakustoa, näiden akustojen jännitetasoja ei ole tiedossa. Yksi 220 VDC tasasähkökeskuksen paikallisakusto, kaksi 110 VDC paikallisakustoa, kaksi 56 VDC järjestelmän paikallisakustoa, yksi 48 VDC tasasähkökeskuksen paikallisakusto ja kolme 24 VDC paikallisakustoa, joista yksi on varavoimageneraattorin käynnistystä varten.

Markkinapotentiaalitutkimuksesta voidaan todeta, että jo pelkästään Metsä Fibrellä on Suomessa jonkun verran paikallisakustoja, joita varten työohje on tehty tässä opinnäytetyössä. YIT:ltä löytyvillä mittalaitteilla ja työohjeen avulla kaikkien näiden akustojen määräraikaistarkastus on mahdollista ja ei aiheuta mitään erikoistapauksia, koska akustot ovat sopivilla jännitetasoilla mittalaitteistolla. Niiden sähkölaitos paikallisakustojen, joiden jännitetasoja ei ilmoitettu, voidaan olettaa olevan joko 48 VDC tai 110 VDC, koska nämä ovat yleisiä jännitetasoja sähkölaitoksien paikallisakustoille. Markkinapotentiaalin selvitys on tärkeää työtä aina kun jotain palvelua ruvetaan suunnittelemaan ja mahdollisia työvälineitä hankkimaan. Selvityksien avulla etukäteen voidaan tietää kuinka paljon työtä on tarjolla ja kyseisiä laitteita on käytössä. Näiden tuloksien perusteella voidaan tehdä oletus, että suomessa on käytössä akustoja melko paljon ja niiden määrissä puhutaan jo useista sadoista.



### 7.3 Opinnäytetyön onnistuminen

Omasta mielestäni työohjeen osio onnistui hyvin ja siihen panostinkin selkeästi eniten. Tulevaisuudessa kun mittauksia on tehty enemmän, voidaan tehdä olemassa olevaan työohjeeseen tarkennuksia ja saada kehitettyä pidemmälle kunnonvalvontaa. Markkinapotentiaalitutkimuksessa huomasin jälkeinpäin asioita, joita olisi voinut tarkentaa ja saada sitä kautta paremmat vastaukset. Parempiin vastauksiin olisi luultavasti päästy kysymällä tiettyjen jännitetasojen akustojen määriä ja kapasiteetteja, olisi rajattu aluetta vaikka 48-, 110- ja 220 VDC akustoihin. Markkinapotentiaaliselvitys antaa siitä huolimatta vaaditun tiedon ja tämän myötä saatiin se mitä haluttiin saada tietoon.

Itse kokonaisuutena opinnäytetyön aihe oli haastava ja aiheuttikin joissain määrin pieniä vaikeuksia. Aiheena akustot ovat sellaisia, että niitä ei paljon koulussa opeteta ja jäävät näin ollen hyvin etäiseksi aiheeksi. Toisena haasteena voidaan puhua tiedon saatavuutta, sillä kyseisestä aiheesta ei ole juurikaan suomenkielisiä julkaisuja. Opinnäytetyössä jouduin hakemaan englanninkielisistä julkaisuista teoriaa työhön ja näitä lähteitä onneksi löytyikin muutama kappale. Julkaisuina nekin olivat erittäin laajoja ja käsittelivät aihetta kokonaisuutena ja sivumäärät kirja julkaisua kohden olivat noin 700. Sieltä sen juuri hakemansa tiedon löytäminen ei ollut yksinkertaista saati nopeaa. Opinnäytetyö oli mielestäni riittävän haastava ja omalla tavallaan mielenkiintoinen, kun omissa selvityksissä rupesin huomaamaan, ettei monikaan tiennyt juuri mitään niistä ja niiden toiminnasta.

## LÄHTEET

Broussely, M. & Pistoia, G. 2007. Industrial applications of batteries. From cars to aerospace and energy storage. Amsterdam: Elsevier

Haanpää, K. Projektivastaava. 2013. Haastattelu 11.1.2013

Häkkinen, M. Asennuspäällikkö. 2013. Haastattelu 22.2.2013

Hietalahti, L. 2011. Sähkökäyttö- ja hybriditekniikka ajoneuvo- ja työkonikäyttöön. Vantaa: Hansaprint Oy

International Electrotechnical Commission. 2004. Stationary lead-acid batteries- Part 21: Valve regulated types- Methods of test. Geneva: International Electrotechnical Commission

Kettunen, P. Sähkökäytön Johtaja. 2013. Markkinapotentiaalitutkimus Joutsenon sellutehdas. Sähköpostiviesti. pekka.t.kettunen@yit.fi. Luettu 26.3.2013.

Kiehne, H. A. 2003. Battery technology handbook. Second edition. United States Of America: Marcel Dekker

Luoma, M. Liiketoimintayksikön Johtaja. 2013. Metsä Fibren Sähkökäytön Johtajat. Sähköpostiviesti. mikko.luoma@yit.fi. Luettu 7.2.2013

Megger Ltd. 2004. Battery testing guide. Pdf. Luettu 3.4.2013  
[http://www.biddlemegger.com/biddle/Battery\\_AG.pdf](http://www.biddlemegger.com/biddle/Battery_AG.pdf)

Megger Ltd. 2008. Bite 3 Battery Impedance Test Equipment Instruction manual. Norristown: Megger

Megger Ltd. Torkel 840/860 Battery Load Units Programma. Norristown: Megger

Midac Batteries. 2011. Standby power batteries. Catalogue.pdf. Luettu 10.1.2013  
[http://www.midacbatteries.com/batteries\\_standby/69/Midac-OPZS-2011-cat.pdf](http://www.midacbatteries.com/batteries_standby/69/Midac-OPZS-2011-cat.pdf)

Pefi Oy. Torkel 820/840/860 käyttöohje. Helsinki: Pefi Oy

PowerDb Ltd. 2013. PowerDB lite. Luettu 11.1.2013  
<http://www2.powerdb.com/products/lite>

Santala, H. Sähkökäytön Johtaja. 2013. Markkinapotentiaalitutkimus Rauman sellutehdas. Sähköpostiviesti. Hannu.santala@yit.fi. Luettu 19.3.2013.

Sauriala, J. Sähkökäytön Johtaja. 2013. Markkinapotentiaalitutkimus Äänekosken sellutehdas. Sähköpostiviesti. jukka.sauriala@yit.fi. Luettu 13.3.2013.

Sonntag, K. Sähkökäytön Johtaja. 2013. Markkinapotentiaalitutkimus Kemin sellutehdas. Sähköpostiviesti. kenneth.sonntag@yit.fi. Luettu 11.3.2013.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2010. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Yleiset vaatimukset SFS EN 50272-1. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2001. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikalliset SFS EN 50272-2. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry

Sähkötieto ry. 2012. Toimintakertomus. Luettu 20.3.2013  
<http://www.sahkotieto.fi/index.php?k=16001>

Sähkötieto ry. 2003. Akkujen hoito ja kunnossapito ST 96.30. Espoo: Sähkötieto ry

Sähkötieto ry. 1993. UPS- asennukset ST 830.60. Espoo: Sähkötieto ry

Sähkötieto ry. 2010. UPS- järjestelmän käyttö, ylläpito ja huolto ST 96.32. Espoo: Sähkötieto ry

Tapanainen, E. Huoltopäällikkö. 2012. Haastattelu 28.11.2012

Turtiainen, J. Tuotepäällikkö. 2013. Haastattelu 11.1.2013

YIT Oy. 2013. Teollisuus. Luettu 8.4.2013  
[http://www.yit.fi/yit\\_fi/Teollisuus](http://www.yit.fi/yit_fi/Teollisuus)

YIT & Anderson, K. A. 2012. YIT vuosikatsaus 2011. Helsinki: Libris

## LIITTEET

### Liite 1. Akuston elinkaaren aikainen kunnonvalvonta- raportti

1 (2)



Sähköautomaatiopalvelut

RAPORTTI  
18.1.2013

1 (2)

#### AKUSTON ELINKAAREN AIKAINEN KUNNONVALVONTA

Aika ja paikka	14.1.2013. UPM-Kymmene Oyj, Kaipola. Leskenmajan 110 V/100 Ah Akusto TS1.
Toteutus	Akustolle tehtiin akkujen sisäisen impedanssin mittaaminen, kennoyhdistimien resistanssien mittaaminen ja 30 minuutin kuormituskoe valmistajan ilmoittamien ohjeiden mukaan. Lisäksi tarkastettiin kennojen jännitteet, akuston kokonaisjännite, akustotilan lämpötila, kennojen elektrolyytin pinnantasot ja visuaalinen tarkistus tilankuntoon.
Mittalaitteet	Megger Bite 3 Impedanssi mittalaite ja Megger Torkel 840- kuormitusmittalaite.
Akkutyypit	OPzS block 12/100. Valmistaja Midac
Tila	Akkuhuone
Yhteenveto	<p>Akkujen impedanssi:</p> <p>Akuston sisäisissä impedansseissa ei havaittu suuria poikkeamia toisiinsa nähden ja suurin poikkeama keskiarvosta oli 7,7 %. Poikkeamasta hälyttävä raja on 30 %, joten impedanssien perusteella akut olivat kunnossa. Tulokset verrattuna akkujen valmistajan ilmoittamaan nimellisarvoon ovat myös kunnossa.</p> <p>Kennoyhdistimien resistanssi:</p> <p>Akuston kennoyhdistimien resistanssien mittauksessa havaittiin poikkeamia enemmän, joka viittaa liitosten likaantumiseen ja mahdolliseen löystymiseen. Resistanssien perusteella seuraavassa huollossa kannattaa akkujen liitokset puhdistaa ja rasvata huolella. Suurin poikkeama havaittiin 1 ja 2 akun kennoyhdistimessä.</p> <p>Purkauskoe:</p> <p>Akustolle suoritettavassa purkauskokeessa ei alitettu jännitealarajaa 97,2 V ja kokeen aikana mitatut akkujännitteet pysyivät sallituissa rajoissa. Akuston loppujännitteeksi mitattiin 99,49 V. Akuston varaustila ennen purkauskoea oli 120,3 V.</p>



Sähköautomaatiopalvelut

RAPORTTI  
18.1.2013

2 (2)

Tuloksista voidaan todeta akuston olevan kunnossa ja kestävän todellisen kuormitustilanteen.

Visuaalinen tarkistus:

Akkujen elektrolyytin pinta oli sopivalla tasolla, eikä niihin tarvinnut lisätä akkuvettä.

Akkuhuoneen lämpötila oli kunnossa, akkuhuoneen lämpötilaksi mitattiin 16 astetta ja lämpötilan tulee olla 15-20 asteen välillä.

Akkuhuoneen ilmanvaihdossa havaittiin puutteita, akkuhuoneessa tulisi olla hyvä ilmanvaihto akkujen yläpuolella. Akuista syntyy vedyn -ja hapen seosta, niitä ladattaessa ja purettaessa. Akkuhuoneen räjähdysvaaraa pystyisi pienentämään lisäämällä erillisen ilmanvaihdon.

Liitteet

Jännitekuvaaja, pistearvot, testitulokset, akkujen impedanssi mittaukset ja kennoyhdistimien resistanssi mittaukset.

Liite 2. Midac OPzS Block 12/100 (Midac. 2011, 5)

Type	Nominal Voltage V	Actual Capacity		RI mOhm	Isc kA	Dimensions (mm)			Weight		Electrolyte		No. of Terminals
		Ah/10hrs	Ah/120hrs			Length	Width	Overall Height	Wet Kg	Dry Kg	Weight Kg	Volume Litres	
OPzS Block 12/50	12	50	73	16.64	0.72	272	205	373	42.9	31.1	11.8	9.5	2
OPzS Block 12/100	12	100	146	9.44	1.27	272	205	373	52.8	41.4	11.4	9.2	2
OPzS Block 12/150	12	150	219	6.57	1.83	380	205	373	72.3	57.2	15.1	12.2	2
OPzS Block 6/200	6	200	293	2.78	2.20	272	205	373	50.7	38.5	12.2	9.8	2
OPzS Block 6/250	6	250	366	2.22	2.75	380	205	373	69.5	54.0	15.5	12.5	2
OPzS Block 6/300	6	300	439	1.85	3.30	380	205	373	74.3	59.5	14.8	11.9	2

**DISCHARGE CURRENT (A) to 1.80 Vpc SG1.240 at 20°C**

Type	Minutes					Hours										
	1	5	10	15	30	1	2	3	5	8	10	20	24	100	120	240
OPzS Block 12/50	50,2	46,0	41,8	38,3	30,9	22,8	15,4	11,8	8,3	5,87	5,00	2,88	2,49	0,72	0,61	0,31
OPzS Block 12/100	100,3	92,0	83,5	76,6	61,9	45,6	30,7	23,7	16,6	11,7	10,0	5,77	4,99	1,45	1,22	0,62
OPzS Block 12/150	150,5	138,1	125,3	114,9	92,8	68,3	46,1	35,5	25,0	17,6	15,0	8,65	7,48	2,17	1,83	0,93
OPzS Block 6/200	200,6	184,1	167,0	153,2	123,7	91,1	61,4	47,4	33,3	23,5	20,0	11,54	9,98	2,90	2,44	1,24
OPzS Block 6/250	250,8	230,1	208,8	191,4	154,7	113,9	76,8	59,2	41,6	29,4	25,0	14,42	12,47	3,62	3,05	1,55
OPzS Block 6/300	301,0	276,1	250,5	229,7	185,6	136,7	92,2	71,1	49,9	35,2	30,0	17,31	14,96	4,35	3,66	1,86

All the above data are actual values after the 5th cycle with a general tolerance of  $\pm 2\%$

8 hours capacity to 1,75 Vpc at 25°C (77°F) = 10 hours Actual Capacity to 1,80 Vpc at 20°C x corrective factor 1,01

## Liite 3. Impedanssi mittauksien testiraportti



## BATTERY TEST



AMBIENT TEMP. 16 °C DATE 14.1.2013 8:34:00

SUBSTATION UPM-Kymmene Oyj HUMIDITY      % JOB #     

POSITION Leskenmaja 110 V/100 Ah Akusto ASSET ID OPzS block 12/100 (Midac)

EQUIPMENT LOCATION Kaipola

---

STRING NAME: 100 Ah Akusto VOLTS PER CELL: NOMINAL: 13,2 DUTY CYCLE: 0 Amps

INSTALLATION DATE:      HYDROMETER. START/SKIP CELLS 1 / 1 for 0 Minutes

NUMBER OF CELLS: 9 NUMBER OF CELLS / JAR: 1 NUMBER OF STRAPS: 0 to 0 VPC

---

CHARGER MANUFACTURER: Enercotek Oy EQUALIZATION VOLTAGE: 110 Volts

MODEL: Urho CURRENT:      Amps VOLTAGE:      Volts

TOTAL AC CURRENT:      RIPPLE CURRENT: 0,000000 FLOAT CURRENT 0,000000

---

LIMITS: LOW VOLTAGE LIMIT (V):      VARIATION WARNING (%): 15,0 DEVIATION WARNING (%):      CHANGE WARNING (%):      STRAP WARNING (%):     

HIGH VOLTAGE LIMIT (V):      VARIATION ALARM (%): 30,0 DEVIATION ALARM (%): 5,0 CHANGE ALARM (%): 20,0 STRAP ALARM (%):     

---

Display impedance in: Milli-Ohms

Baseline Impedance:      Avg. Impedance: 9,41 Total String Voltage: 118,41 Dev. from Charger:      % Min. Voltage: 99,00 Max. Voltage: 13,27

#	NOTES	CELL DATA				VOLTAGE (volts)	TIME	MODEL	CELL DATA		
		VALUE	% DEVIATION (Baseline)	% VARIATION (String)	% CHANGE (Prev.)				CELL No.	SPECIFIC GRAVITY	TEMP. °C
1		9,267		-1,5	50,6	13,124	08:44		1		
2		9,133		-2,9		13,120	08:45		2		
3		9,100		-3,3		13,127	08:46		3		
4		9,157		-2,7		13,087	08:46		4		
5		9,684		2,9		13,227	08:47		5		
6		9,041		-3,9		13,122	08:47		6		
7		10,130		7,7		13,269	08:47		7		
8		10,017		6,5		13,250	08:48		8		
9		9,161		-2,6		13,088	08:48		9		

COMMENTS: Sisäisissä impedanssi arvoissa ei liian suuria muutoksia toisiinsa nähden. Akut ehjää akustossa impedanssi vertailun mukaan.

DEFICIENCIES:     

TEST EQUIPMENT USED: Megger Bite 3

TESTED BY: YIT Teollisuus Oy, Aku Kimari

## Liite 4. Kennoyhdistimien resistanssi mittauksien testiraportti



## BATTERY TEST



AMBIENT TEMP. 16 °C DATE 14.1.2013 8:53:00

SUBSTATION UPM-Kymmene Oyj HUMIDITY      % JOB #     

POSITION Leskenmaja 110 V/ 100 Ah Akusto ASSET ID OPzS block 12/100 (Midac)

EQUIPMENT LOCATION Kaipola

---

STRING NAME: 100 Ah Akusto VOLTS PER CELL: NOMINAL: 0 DUTY CYCLE: 0 Amps

INSTALLATION DATE:      HYDROMETER. START/SKIP CELLS 1 / 1 for 0 Minutes

NUMBER OF CELLS: 0 NUMBER OF CELLS / JAR: 1 NUMBER OF STRAPS: 8 to 0 VPC

---

CHARGER MANUFACTURER: Enercotek Oy EQUALIZATION VOLTAGE: 110 Volts

MODEL: Urho CURRENT:      Amps VOLTAGE:      Volts

TOTAL AC CURRENT:      RIPPLE CURRENT: 0,000000 FLOAT CURRENT 0,000000

---

LIMITS: LOW VOLTAGE LIMIT (V):      VARIATION WARNING (%): 15,0 DEVIATION WARNING (%):      CHANGE WARNING (%):      STRAP WARNING (%):     

HIGH VOLTAGE LIMIT (V):      VARIATION ALARM (%): 30,0 DEVIATION ALARM (%): 5,0 CHANGE ALARM (%): 20,0 STRAP ALARM (%):     

Display impedance in: Milli-Ohms

Baseline Impedance: Avg. Impedance: Total String Voltage: Dev. from Charger: % Min. Voltage: Max. Voltage:

CELL DATA						CELL DATA		
#	NOTES	IMPEDANCE (milli-ohms)				VOLTAGE (volts)	TIME	MODEL
		VALUE	% DEVIATION (Baseline)	% VARIATION (String)	% CHANGE (Prev.)			
		0,000						

Avg. Strap Resistance: 0,203

Display resistance in: Milli-Ohms

STRAP #	RESISTANCE (milli-ohms)	% VARIATION (Avg)	MEASUREMENT TIME	CELL CONNECTED TO	TYPE
1	0,279	37,5	08:55	1	Inter-cell
2	0,154	-24,1	08:55	2	Inter-cell
3	0,242	19,3	08:55	3	Inter-cell
4	0,173	-14,7	08:56	4	Inter-cell
5	0,215	6,0	08:56	5	Inter-cell
6	0,175	-13,7	08:56	6	Inter-cell
7	0,214	5,5	08:57	7	Inter-cell
8	0,171	-15,7	08:57	8	Inter-cell

COMMENTS: Akuston kennoyhdistimien resistansseissa ei huolestuttavan suuria poikkeamia toisiinsa nähden. 1-2 akkujen välinen resistanssi on suurin.

DEFICIENCIES:     

TEST EQUIPMENT USED: Megger Bite 3TESTED BY: YIT Teollisuus Oy, Aku Kimari



## Liite 5. Testiraportti kuormituskokeesta

# Test Report

**Company** UPM-Kymmene Oyj  
**Location** Kaipola

**Battery ID** Leskenmaja 110 V/100 Ah Akusto

**Battery type** OPzS block 12/100 (Midac)

**Date** 14.1.2013

**Time** 11:03:00

**Tested by** YIT Teollisuus Oy  
Aku Kimari

**Current** 61.9 A

**End Time** 0:30:05

**End Voltage** 99.49 V

**Capacity** 31 Ah

**Temperature** 21 c

**Comments** Akusto kesti kuormituskokeen.  
Akuston jännite ei saavuttanut jännitealarajaa 97,2 V.  
Akusto on kunnossa.

## Liite 6. Pistearvot kuormituskokeesta

UPM-Kymmene Oyj Kaipola Leskenmaja 110 V/100 Ah Akusto

14.1.2013 11:03:00

Time	Volt	Current	Capacity
0:00:03	108.75	61.8	0
0:00:56	101.41	61.9	1
0:01:51	101.94	61.9	1,9
0:02:45	102.15	61.9	2,8
0:03:40	102.21	61.9	3,8
0:04:34	102.18	61.9	4,7
0:05:28	102.16	61.9	5,6
0:06:22	102.1	61.9	6,6
0:07:17	102.03	61.9	7,5
0:08:11	102	61.9	8,4
0:09:06	101.91	61.9	9,4
0:10:00	101.81	61.8	10,3
0:10:54	101.72	61.9	11,2
0:11:48	101.64	61.9	12,2
0:12:43	101.56	61.9	13,1
0:13:37	101.49	61.9	14
0:14:31	101.35	61.9	15
0:15:26	101.26	61.9	15,9
0:16:20	101.21	61.9	16,8
0:17:14	101.1	61.9	17,8
0:18:09	101	61.9	18,7
0:19:03	100.91	61.9	19,6
0:19:58	100.81	61.9	20,6
0:20:52	100.68	61.9	21,5
0:21:46	100.59	61.9	22,4
0:22:40	100.46	61.9	23,4
0:23:35	100.38	61.9	24,3
0:24:29	100.26	61.9	25,2
0:25:24	100.18	61.9	26,2
0:26:18	100.07	61.9	27,1
0:27:12	99.91	61.9	28
0:28:07	99.83	61.9	29
0:29:01	99.67	61.9	29,9
0:30:05	99.49	61.9	31

## Liite 7. Markkinapotentiaalitutkimuksen kysely



Sähköautomaatiopalvelut

TUTKIMUS

1 (1)

25.2.2013

## MARKKINAPOTENTIALITUTKIMUS

Tutkimuksen taustatiedot	Markkinapotentiaalitutkimus tehdään Metsä Fibren sellutehtaisiin ja kartoitetaan käytössä olevien akustojen tietoja. Tutkimus on osana opinnäytetyötä, joka käsittelee akustojen elinkaaren aikaista kunnonhallintaa. Tutkimuksen tarkoitus on selvittää akustoihin liittyvien määräaikaistarkastuksien markkinapotentiaalia ja kuinka akustoja on tähän mennessä huollettu tehtailla. Opinnäytetyö suoritetaan YIT Teollisuus Oy:lle.
Kohderyhmä	Opinnäytetyön alkuvaiheessa kohderyhmäksi valitsimme Metsä Fibren tehtaat, jotka sijaitsevat Kemissä, Äänekoskella, Joutsenossa ja Raumalla.
Opinnäytetyön tekijä	Aku Kimari
Oppilaitos ja suuntautuminen	Opinnäytetyö tehdään Tampereen ammattikorkeakoululle ja koulutuslinja suuntautuminen on sähkövoimatekniikka.
Tutkimuksen sisältö	<p>Tutkimuksessa tarvittaisiin seuraavia tietoja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustojen kapasiteetti (Ah) ja akuston jännite (VDC)</li> <li>• Akustojen määrä (kpl)</li> <li>• Tietoa siitä miten akustoja on pidetty kunnossa ja huolehdittu niiden toiminnan takaamisesta tähän päivään mennessä. Esim. määräaikaistarkastukset vai jotenkin muuten?</li> <li>• Miten tulevaisuudessa on tarkoitus hoitaa akustojen toiminnan takaaminen?</li> </ul>
Kyselyyn vastaaminen	Tarvitsisin vastauksia tehtaiden akustoista ja tarvittavat tiedot löytyvät kohdasta: tutkimuksen sisältö, jotta pystyisin tekemään opinnäytetyöhön tarpeeksi laajan selvityksen markkinapotentiaalista.
Vastausten palautus	<p>Tarvittavia vastauksia voi palauttaa sähköpostilla osoitteeseen: <a href="mailto:aku.kimari@eng.tamk.fi">aku.kimari@eng.tamk.fi</a></p> <p>Vastauksen tiedostomuotona joko: docx tai pdf.</p>

Kiitoksia vastauksista jo etukäteen!